MINISTERE DE L'AGRICULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

présenté pour l'obtention du DIPLÔME D'AGRONOMIE APPROFONDIE

spécialisation Elevage en Milieux Difficiles

Expérimentation d'outils de simulation pour l'accompagnement d'agro-éleveurs.

Application dans la région du Lac Alaotra (Madagascar)

par

Frédéric DOUHARD

Année de soutenance : 2010

Organisme d'accueil : UMR Innovation – Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES
présenté pour l'obtention du DIPLÔME D'AGRONOMIE

APPROFONDIE

spécialisation Elevage en Milieux Difficiles

Expérimentation d'outils de simulation pour l'accompagnement d'agro-éleveurs.
Application dans la région du Lac Alaotra (Madagascar)

par

Frédéric DOUHARD

Mémoire préparé sous la direction de :
Charles-Henri MOULIN

Organisme d'accueil : UMR Innovation - CIRAD

Présenté le 23/09/2010

devant le Jury :
- **Danièle MONTAGNAC**
- **Pablo TITTONELL**
- **François BOCQUIER**
- **Pierre-Yves LE GAL**
- **Charles-Henri MOULIN**

Maîtres de Stage : Pierre-Yves Le Gal & Eric Penot

Abstract

Mixed crop-livestock farms are complex systems which combine several animal and plant productions with multiple and sometimes contradictory objectives. Introduction of systemic innovations in such systems requires an approach at farm level. At this level, farmers reflect, decide and implement management practices of resources allocation between the various tasks included in their production system. Simulation models are powerful tools to evaluate *ex-ante* the impact of innovation introduction in a production system. Nevertheless, voluntary stakeholders' participation is necessary to enhance innovation process. We worked out and tested such tools within the frame of a farmers' support, accompanying three agro-breeders in their reflections about their farm development in the region of the Lake Alaotra (Madagascar). Two tools aim at finding herd feeding (CalculRation) and fertilization (CalculFerti) operations at the biotechnical scale (average animal, hectare of a crop situation) to match an objective of production. A third tool called CLIFS for Crop LIvestock Farm Simulator represents four balance of resources at farm scale: i) feed for the herd, ii) fertilizers for the cultures, iii) draft power for the tasks in the fields, iv) rice for the household-consumption, and their consequences on the economic incomes of the farm. During management advice process, tools articulation with the producers allowed to make the link between operational, tactical and strategic questions to investigate jointly changes in their production systems. Designing exploring scenarios between farmers and advisers enhances farmers' projects representation with regard to their first idea and launches new perspectives about their farm development. Tools combination seems to be an effective way to support production system learning by farmers and advisers. Besides, these tools could be used for collective training or research about innovation processes.

Keywords:
Simulation tool, farmers' support, reflection support, mixed crop-livestock farm

Résumé

Les exploitations de polyculture-élevage sont des systèmes complexes qui combinent plusieurs productions végétales et animales, avec des objectifs multiples et parfois contradictoires. L'intégration d'innovation systémique dans ces systèmes nécessite une approche au niveau exploitation. C'est à ce niveau que le producteur réfléchit, décide et met en œuvre les pratiques gestionnaires d'allocation des ressources entre les différents ateliers. Les modèles de simulation sont des outils puissants pour tester *ex-ante* l'intégration de techniques innovantes dans un système de production. Cependant, ils doivent-être conçus en partenariat avec des producteurs volontaires pour favoriser le processus d'innovation. Nous avons conçu et expérimenté de tels outils dans le cadre d'une démarche d'accompagnement individuelle auprès de trois agro-éleveurs porteurs de projet dans la région du Lac Alaotra (Madagascar). Deux outils ont été conçus pour définir les opérations de rationnement (CalculRation) et de fertilisation (CalculFerti) à l'échelle unitaire (animal moyen, hectare d'une situation culturale) afin de répondre à un objectif de production. Un simulateur dénommé CLIFS (Crop LIvestock Farm Simulator) représente quatre bilans de ressources ; i) aliments pour le troupeau, ii) fertilisants pour les cultures, iii) force de traction animale pour les travaux des champs, iv) riz pour la consommation du foyer, et leurs conséquences sur les résultats économiques de l'exploitation. L'articulation des outils lors de la démarche avec les producteurs a permis de mettre en lien les questions d'ordre opérationnel, tactique et stratégique pour explorer ensemble les changements à envisager dans les systèmes de production. La co-construction de scénarios prospectifs entre intervenants et les producteurs a fait évoluer les représentations de leurs projets par rapport à leur idée initiale et a dégagé de nouvelles perspectives de développement de leur exploitation. La combinaison des outils dans la démarche semble être un moyen efficace pour favoriser l'apprentissage du système de production par le producteur et les intervenants. Par ailleurs, les outils pourraient-être utilisés pour le conseil en formation collective ou la recherche sur les processus d'innovation.

Mots-clés :

Outil de simulation, démarche d'accompagnement, aide à la réflexion, exploitations polyculture-élevage

Remerciements

Je remercie tout particulièrement Pierre-Yves Le Gal pour le soin et l'attention portés au suivi de cette étude, depuis la conception des modèles jusqu'à la rédaction du mémoire. Merci beaucoup également à Charles-Henri Moulin pour m'avoir lancé sur la piste de ce stage et pour ses conseils.

Merci à Eric Penot pour ses conseils et pour l'organisation de la phase de terrain. Merci aussi à Patrick Dugué pour ses réponses agronomiques.

Merci à Mamy et Pierre-Damien Bascou avec qui j'ai eu le plaisir de travailler au quotidien.

Je remercie vivement les trois producteurs et leur famille pour leur accueil et la confiance qu'ils nous ont accordé, en espérant que notre collaboration porte ses fruits.

Merci à Nambinina pour la traduction et sa sympathie.

Merci aux cadres du projet BV Lac (cellule de coordination et opérateurs de développement) pour leur appui et leur participation dans cette étude, plus particulièrement :
Philippe Grandjean et l'équipe de la cellule BV Lac pour les nombreux moyens qu'ils ont mis à notre disposition.
Les cadres des opérateurs de développement AVSF et BRL, notamment Brice Dupin, Herizo Andriamalala et Raphaël Domas pour leurs interventions dans la démarche.

Je remercie aussi Hélène Pfeiffer de la coopération décentralisée entre l'Ile-et-Vilaine et la région Alaotra-Mangoro pour l'intérêt qu'elle a porté à cette étude.

Table des matières

Table des figures

Tableaux

1. Introduction générale

La région du lac Alaotra à Madagascar est une zone de forte production rizicole (Durand et Nave, 2007). La croissance de la population régionale, de l'ordre de 4% par an (Penot, 2009) provoque un accroissement de la demande alimentaire dans cette zone enclavée. Pour y répondre, l'augmentation de la production passe par l'émergence de nouvelles formes d'agriculture plus intensives (Garin, 1998).

Pour favoriser le développement efficace du processus d'innovation à l'échelle de l'exploitation agricole, la recherche doit pouvoir concevoir des systèmes agricoles appropriables par les producteurs (Le Gal, 2009) et adaptés à leurs contextes d'action, leurs pratiques et leurs objectifs (Meynard, 2006 cité par Le Gal et al.,2010). Ces objectifs peuvent-être multiples et mobiliser plusieurs composantes des systèmes (Iiyama et al., 2007). Dans le cas de la région du Lac Alaotra, la majorité des exploitations combine autour du pivot rizicole d'autres productions végétales (maïs, manioc, arachide, etc.) ainsi que des productions animales (bovin de trait, bovin laitier, bœuf d'embouche, porcins et volailles). L'amélioration de la productivité dépend alors de la manière dont interagissent les différentes composantes de ces systèmes polyculture-élevage.

Par ailleurs, les zones agricoles présentent des risques importants d'érosion qui peuvent notamment compromettre le maintien de la fertilité des sols (Chabierski et al., 2005, 2008, Domas et al., 2009). Sur ce constat, un projet de développement (Bassin Versant Lac) centré sur la mise en valeur et la protection de bassin versants a débuté en 2003. Parmi les techniques que les agriculteurs du Lac Alaotra peuvent intégrer lorsqu'ils décident de leurs pratiques, les opérateurs du projet BV Lac ont promu la diffusion de techniques d'agriculture de conservation et notamment l'adoption de systèmes de cultures sous couverts végétaux (SCV) (Chabierski et al., 2008, Seguy et al., 2009). Le projet de recherche PEPITES (Processus Ecologiques et Processus d'Innovation Technique Et Sociale en agriculture de conservation) vise à mieux comprendre comment fonctionnent ces systèmes de culture et comment ils peuvent s'insérer dans les systèmes de production existants. L'intégration par le producteur des techniques étudiées à l'échelle de la parcelle doit-être en effet analysée à l'échelle de l'exploitation agricole. A ce niveau, le producteur raisonne, décide et met en œuvre les pratiques gestionnaires d'allocation des ressources entre les différents ateliers de son exploitation. C'est donc à cette échelle qu'il raisonne la gestion de la fertilité (Rollin, 1994) et l'alimentation de ces animaux. Partant de cette hypothèse, notre étude vise à concevoir une démarche qui permette aux agro-éleveurs de réfléchir à de nouvelles configurations de leurs systèmes de production, avec intégration ou non de SCV.

Un premier travail d'enquêtes auprès d'agro-éleveurs a permis de typer les façons dont ils combinent productions végétales et animales au sein de leur exploitation (Saint-André et al., 2010). La démarche mise en œuvre en 2010 vise à fournir aux producteurs une aide à la réflexion prospective sur les questions opérationnelle, tactiques et stratégiques qu'ils se posent, dont l'intégration de techniques SCV dans leur système de production. Elle repose sur un travail de modélisation à l'échelle de l'exploitation à l'aide d'outils de simulation développés au Burkina Faso (Andrieu et al., 2009) et au Maroc (Le Gal et al., 2009). L'utilisation de modèles de simulation permet d'explorer une diversité de solutions possibles à un problème concrètement posé par l'agriculteur et peut fournir une aide à la réflexion prospective sur des modifications décisionnelles (Pacaud, 2007). Ce mémoire décrit le processus d'élaboration de la démarche et des outils associés ainsi que son expérimentation en accompagnement de trois producteurs.

Dans un premier temps, l'examen du contexte agricole et des enjeux dans la région du lac Alaotra permet de formuler les hypothèses de travail, la problématique générale de l'étude et la méthodologie choisie pour y répondre. Dans un deuxième temps, nous décrivons les outils élaborées à partir des outils existants et leur articulation dans le cadre de la démarche d'accompagnement. Nous illustrons la démarche conduite dans son intégralité avec un producteur, complétée des enseignements tirés chez les autres producteurs. Enfin, les intérêts, limites et perspectives d'évolution de la démarche sont abordés selon trois points : (i) son contenu avec l'articulation et l'utilité des outils de simulation, (ii) les autres utilisations possibles de ces outils (iii) leur complémentarité éventuelle avec d'autres outils de simulation.

2. Contexte et problématique

2.1. Approche historique du développement agricole au Lac Alaotra

La cuvette lacustre de l'Alaotra est l'un des principaux greniers à riz de Madagascar. Située à 230 km au nord-est d'Antananarivo, elle couvre environ 720 000 ha (Garin, 1998) et se compose d'une vaste plaine aux sols fertiles en comparaison aux collines alentours (*tanety*) dont les sols plus pauvres et plus instables sont soumis à une érosion importante (Durand et Nave, 2007). Les *tanety* et bas-fonds dénommés *baibohos*[1] (qui représentent ensemble 80% de la superficie de la cuvette (Garin, 1998) faisaient partie intégrante du système agraire traditionnel basé sur la riziculture aquatique. Les troupeaux de zébus y étaient conduits en transhumance durant la saison des pluies après les travaux de repiquage (janvier-février). Les animaux étaient redescendus en plaine en saison sèche (avril à octobre) pour participer aux différents travaux (labour, transport…) tout en fertilisant les rizières pendant la vaine pâture.

Dans les années 50 l'Etat finance l'aménagement de 30 000 ha de périmètres irrigués repris à l'indépendance en 1960 par la SOMALAC, et permet l'augmentation des rendements en riz grâce à une meilleure maîtrise de l'eau (Durand et Nave, 2007). Parallèlement, un fort mouvement d'immigration et une croissance naturelle soutenue de la population autochtone entraînent une augmentation de la pression foncière, ce qui pousse les agriculteurs à coloniser les *tanety*. L'expansion des surfaces cultivées, l'abandon de la jachère et la défriche de zones encore boisées accentuent les phénomènes naturels d'érosion, accélérant ainsi la dégradation du milieu : perte de fertilité des sols, ensablement des canaux d'irrigation en aval, etc. (Durand et Nave, 2007). Le désengagement de l'Etat et des principaux bailleurs de fond au début des années 90 ainsi que le passage à une économie de marché rendent plus incertains la maîtrise du foncier et le contexte économique pour les producteurs (Penot, 2009). L'ensemble de ces conditions auraient pour conséquence, entre autre, une stagnation des rendements en riz entre 2 et 3 tonnes/ha depuis les années 80 (Garin, 1998 ; Penot, 2009).

Après le désengagement de l'Etat dans la région du lac Alaotra en 1991, au cours de ce que Penot (2009) appelle une « décennie perdue », différents travaux suggèrent l'introduction de nouvelles techniques mieux adaptées à la multiplicité des facteurs de risque et la diversité de situations agro-écologiques. Sur la base de ce constat, le projet BV Lac financé par l'AFD débute en 2003 avec l'objectif d'accroître et de sécuriser les revenus des producteurs, de préserver l'environnement et d'aider les acteurs locaux à structurer et conduire leur développement de manière autonome (Saint-André et al., 2010, ANNEXE A).

[1] Zones de bas de toposéquence formées de dépôts colluviaux et situées entre les plaines rizicoles et les *tanety*

2.2. Les enjeux actuels de développement pour les exploitations agricoles

2.2.1 Les relations agriculture-élevage au sein des exploitations

La plupart des exploitations de la région du Lac combinent autour du pivot rizicole d'autres productions végétales ainsi que des productions animales (Garin, 1998). Ces exploitations peuvent-être complexes dans la mesure où elles peuvent intégrer la majorité des composants possibles qui définissent un système polyculture-élevage (figure 1)

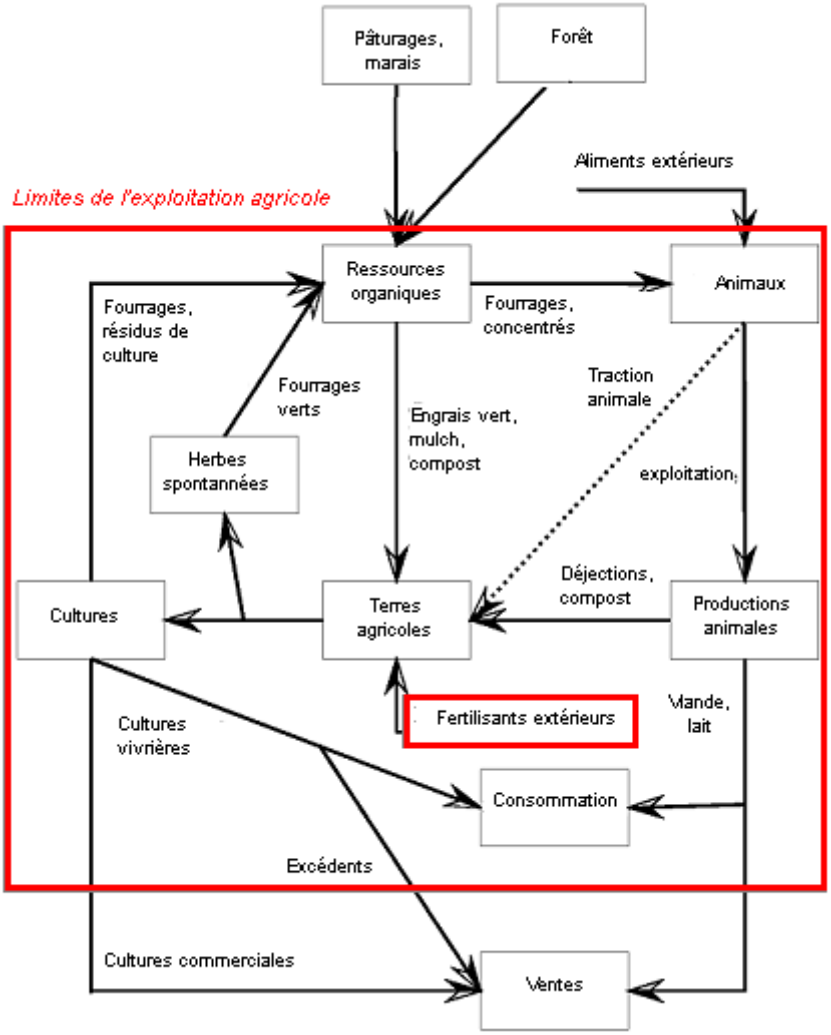


Figure 1 : Modèle conceptuel des relations agriculture-élevage à l'échelle de l'exploitation (adapté de Thorne (1998) dans Iiyama et al. (2007))

Dans le cas du lac, les interactions clés entre composants (Thornton et Herrero, 2001) pourraient se caractériser de la sorte :

La biomasse et le troupeau (composante alimentation)

Les troupeaux de zébus, dominants au lac, sont essentiellement nourris à base de paille de riz et de pâturages (vaine pâture des rizières, pâturage des *tanety*). Par ailleurs, les producteurs peuvent employer des ramasseurs d'herbe notamment lorsqu'ils ont des animaux en stabulation permanente. Ce système repose sur des prélèvements de fourrages verts sur des

espaces librement exploitables par la communauté (marais, diguettes). Actuellement, la paille de riz est aussi une ressource gratuite disponible sur les rizières récoltées.

Les cultures fourragères (*Brachiaria ruziziensis, Stylosanthes guianensis, Vesce, etc*.) ne sont pas très répandues dans la région du Lac. Le maïs, le manioc et le son de riz sont les principaux aliments produits et utilisables au sein des exploitations. D'autres matières premières (poudre de poisson, tourteaux, etc.) peuvent-être achetées pour la fabrication de provende, à moins que celle-ci ne soit achetée directement à l'extérieur.

Le troupeau et les terres agricole (composante fertilisation et travail de trait)
Les animaux sont sources de fumures organiques sous forme de fumier plus ou moins riche en paille, de compost et plus généralement de poudrette de parc (mélange de déjections desséchées et de terre). La commercialisation de ces fumures organique existe déjà au Lac. En revanche l'utilisation de fertilisants minéraux (engrais N-P-K, urée) pourrait-être très limitée par le doublement du prix des engrais en 2008 (Penot, 2009), passant ainsi de 150 kg/ha à 90 kg/ha pour les agriculteurs encadrés par BV Lac (Penot, com. perso 2010).

Par ailleurs, les bovins peuvent fournir la force de traction nécessaire à différents travaux des champs (labour, hersage, mise en boue des rizières) et au transport. Depuis 2003, ils sont fortement concurrencés au Lac par une petite mécanisation à base de motoculteurs. Environ 9% des exploitations étaient ainsi équipées en 2007 (Penot, 2009).

L'utilisation des productions
Les deux interactions précédentes génèrent l'offre produite pour répondre aux besoins de consommation de la famille et aux autres considérations économiques (Thornton et Herrero, 2002). Pour couvrir ces besoins, Saint-André et al. (2010) montrent sur la base d'une enquête approfondie de 33 exploitations que celles-ci privilégient soit l'activité rizicole, soit l'activité d'élevage (*via* notamment la production laitière), soit une combinaison des deux activités (figure 2). D'autres exploitations sont en voie de décapitalisation parce qu'elles ont un bilan céréalier déficitaire et qu'elles ne peuvent attendre un revenu régulier de l'élevage (engraissement opportuniste de porc).

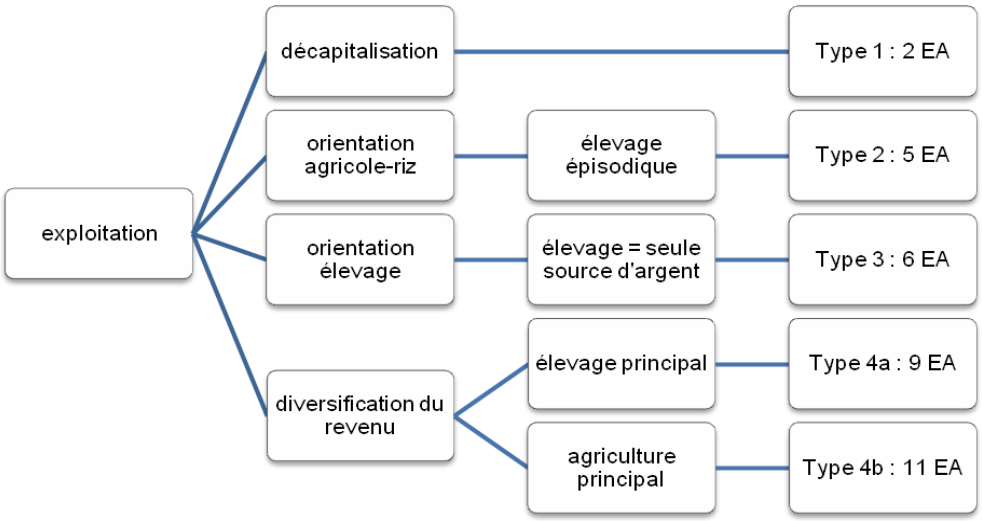


Figure 2 : Répartition de 33 exploitations selon leur orientation productive (Saint-André et al., 2010)

Bien que la majorité des exploitations soient de type polyculture-élevage, la disponibilité des ressources et leurs contraintes d'utilisation peuvent engendrer des objectifs variés pour les différents processus de productions. Ces objectifs pourraient évoluer selon 5 pistes non-exhaustives définies par Saint-André et al. (Encadré 1).

Encadré 1 : Présentation des constats issus de l'étude de Saint-André et al. (2010)

- Le niveau d'intégration des activités d'élevage et agricoles des exploitations dépend des productions animales qui s'y trouvent. En général, les exploitations laitières utilisent des ressources qui sont plutôt produites à l'extérieur de l'exploitation (notamment les fourrages). Les quantités de fumure par vache sont importantes en raison de leur stabulation permanente. A l'inverse lors de la vaine pâture, les troupeaux de zébus restituent directement dans les rizières la biomasse qu'ils consomment, principalement constituée de paille de riz. L'engraissement de zébus peut permettre de produire davantage de fumure dans la mesure où les animaux ne sortent plus. L'élevage porcin est le moins lié aux autres ateliers de l'exploitation : l'alimentation se base essentiellement sur des aliments achetés à l'extérieur et les déjections sont peu utilisées.
- Les cultures fourragères représentent une alternative aux prélèvements sur des ressources « communes » gratuites (fourrage vert des marais, paille des rizières) qui pourraient devenir un jour monnayable si la pression d'utilisation augmente. Avec un affouragement en vert, la faible production des cultures fourragères durant la saison sèche ne permet généralement pas de couvrir les besoins du troupeau.
- Les exploitations laitières utiliseraient davantage la paille de riz pour la litière que pour l'alimentation. La quantité et la qualité du fumier produit seraient ainsi augmentées par rapport aux situations d'élevage de zébus où la paille est destinée en priorité à l'alimentation des animaux. Les pratiques de paillage des agro-éleveurs seraient le premier facteur déterminant de cette amélioration non pas les équipements installés (fosse fumière, parcs couverts, etc.).
- Les opportunités d'intégration des techniques d'agriculture de conservation sont plutôt situées sur les *tanety*. Les producteurs accordent la priorité au riz et aux cultures maraîchères sur les rizières et les *baiboho*. Les zones de *tanety* sensibles à l'érosion présenteraient plus d'intérêt pour implanter des systèmes de culture SCV. Certains de ces systèmes comprennent des cultures utilisables pour l'alimentation des animaux (maïs, manioc, etc.) en plus des cultures fourragères (*Brachiaria ruziziensis, Stylosanthes guianensis, etc.*).
- Les techniques de conservation du fourrage sont absentes. La fenaison permettrait de réduire la pression d'utilisation de la paille de riz, surtout durant la saison sèche. Cependant, il pourrait-être difficile et risqué de récolter un foin de qualité au vu des conditions météorologiques et du temps de travail nécessaire au champ. L'ensilage serait une alternative aux problèmes de séchage mais peut nécessiter des investissements importants en termes d'équipement et de conditionnement.

2.2.2 L'émergence de processus d'innovation

L'intensification reste un enjeu central pour le devenir des agricultures de Madagascar, du fait de la pression démographique et des besoins d'élévation du niveau de vie des ruraux (Garin, 1998). La région du lac Alaotra continue d'être un lieu d'intervention privilégié par les projets de développement depuis les années 60 (Penot, 2009). Une masse de savoirs importante a été apportée auprès des agriculteurs sans qu'ils adoptent pour autant l'ensemble des recommandations. Les « paquets techniques » diffusés par le passé ne semblent pas poser les

bases d'une agriculture durable. A ce titre, Garin souligne les décalages entre la diversité des stratégies de producteurs et l'unicité ou presque d'un modèle de production idéalisé par la puissance publique avant les années 2000 et qui repose sur la riziculture intensive. Dès lors, le questionnement technique dominant de la recherche, à savoir « Quelles sont les techniques qu'il faut inventer et diffuser pour aider les agriculteurs à se développer ? » pouvait évoluer vers un nouveau paradigme sociotechnique « Comment engager des processus d'innovations [au sens processus de développement] qui répondent aux besoins des acteurs concernés ? » (Gasselin et Lavigne-Delville, 2010). L'introduction de savoirs exogènes pose alors le problème de la transmission en savoir-faire pratiques adaptés au contexte économique, illustré par une très forte volatilité des prix, et écologique où érosion et fragilité/pauvreté des sols dominent (Penot, 2009). Il s'agit de fournir aux agriculteurs et/ou à leurs conseillers une démarche et des outils qui leur permettent de réfléchir à l'évolution de leurs propres systèmes de production (McCown, 2002). Cette réflexion s'établit sur la base d'une aide à la conception de systèmes de production qui, dans le cadre du projet PEPITES pourraient intégrer des techniques d'agriculture de conservation (Encadré 2).

Encadré 2 : Présentation du projet PEPITES

*Le projet PEPITES, financé par le programme Systerra de l'ANR, rassemble 10 laboratoires partenaires (INRA, CIRAD, IRD, AgroParisTech et ISARA) sur quatre terrains d'étude : France grandes cultures, France agriculture biologique, Brésil et Madagascar. Coordinateur ; S. de Tourdonnet***.**

L'objectif général du projet est de produire des connaissances sur les processus écologiques, les processus d'innovation technique et sociale et leurs interactions, pour évaluer et concevoir des systèmes techniques et des dispositifs d'accompagnement plus durables. Les travaux se déroulent sur quatre terrains d'étude (France grandes cultures, France agriculture biologique, Brésil et Madagascar petite agriculture familiale) choisis pour explorer une gamme de situations agropédoclimatiques et socioéconomiques permettant une analyse comparative riche.

Six tâches à dominante disciplinaire ont été identifiées. L'analyse du processus d'innovation (tâche 6) est centrée sur la production des connaissances au sein des réseaux sociotechniques, les modalités de coopération entre acteurs, les dynamiques de changements des pratiques et des processus d'apprentissage. L'approche des systèmes de production (tâche 5) permettra de comprendre et de simuler la diversité de ces systèmes et d'expérimenter des outils d'aide à la réflexion prospective. Des études couplant expérimentation et modélisation des systèmes de culture (tâche 3) permettront de comprendre et de raisonner l'usage de processus écologiques qui pourraient améliorer leurs performances. L'étude des processus écologiques résultant des interactions entre matières organiques et êtres vivants (tâches 1 et 2) fournira des connaissances et des indicateurs pour raisonner l'adaptation des pratiques et pour évaluer les services écologiques rendus. Les indicateurs et les cahiers des charges identifiés à différentes échelles serviront à mener une évaluation *ex ante*, multicritère et multi-acteurs des performances de systèmes de culture innovants en AC (tâche 4). Trois tâches seront consacrées à des questions transversales de nature interdisciplinaire : comment accroître la pertinence et la capacité des modèles utilisés par la recherche pour étudier et intervenir dans ces processus complexes (tâche 7) ? Comment impliquer la recherche dans des démarches et des dispositifs en partenariat pour accompagner l'émergence de l'AC (tâche 8) ? Comment contribuer à la formation et au transfert des connaissances (tâche 9) ?

Le projet produira des connaissances originales dans les différentes disciplines et aux interfaces sciences biophysiques / sciences techniques / sciences sociales, renforcera la communauté de chercheurs et praticiens du nord et du sud travaillant autour de l'AC, et proposera des dispositifs d'accompagnement et d'enseignement sur ces innovations complexes pour une agriculture intensive mais durable.

*Source : résumé du projet scientifique soumis à l'ANR <http://www.agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/**projet_PEPITES**.pdf>*

2.3. Modélisation des exploitations de polyculture-élevage

L'étude du contexte a souligné l'importance de considérer la façon dont le producteur gère ses ressources en terre, travail, équipement, cheptel et finances, en lien avec l'orientation stratégique de son exploitation. Ces pratiques gestionnaires se définissent comme *la façon dont les entrepreneurs essaient de profiter des changements de l'environnement compte tenu de leurs projets et de leurs situations* (Chia et Marchesnay, 2008). Dans le cas des exploitations agricoles familiales, les décisions sont de nature variée (choix des outils, des productions, des modes conduite, des investissements, etc.) et nécessitent de considérer l'articulation entre temps long et temps court (Cerf et Sebillote, 1997). Les projets de production peuvent ainsi s'analyser selon trois horizons temporels interdépendants définis en science de gestion. Le niveau stratégique renvoie aux choix à long terme du producteur qui est susceptible de transformer la structure, les ressources et les compétences de son exploitation pour atteindre ses objectifs et s'adapter à l'environnement. La planification des activités à l'échelle du cycle de production renvoient aux choix d'ordre tactique. Enfin, les opérations répétées et ajustées lors du processus de production renvoient aux choix opérationnels.

Rollin (1994) souligne l'intérêt du concept de gestion[2] avec des producteurs malgaches dans la mesure où ils intègrent une rationalité économique dans leur raisonnement et qu'ils choisissent et gèrent des facteurs et des techniques pour produire. Pour notre part, nous nous focalisons sur la réflexion en amont de la prise de décision en tant que processus d'apprentissage sous-tendant le passage à l'action. L'idée est alors d'aider le producteur à pouvoir dégager des pistes de réflexion en lien avec les questions qu'il se pose, qu'elles soient d'ordre stratégique, tactique ou opérationnel. Pour stimuler ce processus de réflexion et d'apprentissage (Attonaty et Soler, 1991), le modèle numérisé est un outil qui permet à l'intervenant (chercheur, conseiller agricole) d'interagir avec le producteur autour d'une représentation simplifiée du fonctionnement de l'exploitation (Cerf et Sebillote, 1997). La construction et simulation de scénarios permet de comparer différentes configurations alternatives du système de production en mettant en lien ses différentes composantes et, éventuellement, les différents niveaux de décisions. Cette démarche nourrit la réflexion prospective engagée avec le producteur (Attonaty et Soler, 1991).

La modélisation offre la possibilité de tester *ex-ante* l'effet de pratiques innovantes dans un système de production (Le Gal et al., 2010b). Deux points critiques sont relevés lors de la conception de systèmes innovants. D'une part, relativement peu d'approches par modélisation raisonnent à l'échelle du système de production sans doute parce qu'elles nécessitent d'être pluridisciplinaires. D'autre part, la participation des producteurs et des conseillers lors de la conception de scénarios est souvent décrite comme problématique par rapport à la prise en compte de leurs perceptions, de leurs préoccupations et de leurs contraintes. Pour y remédier, l'utilisation des techniques de simulation semble plus adaptée que celles d'optimisation par exemple. Mieux que de proposer une solution unique à un problème et à une configuration de ressources et de contraintes, elles permettent d'explorer une diversité de scénarios qui répondent à un même objectif (Pacaud, 2007). En ce sens, la simulation pas à pas d'un processus de production par exemple, stimule le processus d'apprentissage.

Les applications Dalib et Cikeda, développés sur ces bases, s'inscrivent parmi les options de modélisation choisies pour l'aide à la conception de systèmes de production. Dalib est un

[2] Défini comme « l'art de prendre des décisions concernant l'activité d'une entreprise » (Larousse, 1981 cité par Rollin, 1994)

outil pour l'aide à la configuration de systèmes fourragers en articulation avec la gestion d'un troupeau laitier (Bara, 2007 ; Paul, 2008 ; Le Gal et al., 2009a). Cikeda se focalise sur les interactions entre productions végétales et animales au sein d'exploitations mixtes (gestion de l'alimentation du troupeau et de la fertilité) (Andrieu et al., 2009). Ils ont pour objectif d'aider le producteur à réfléchir à la façon dont son système de production peut-être modifié. Les simulations permettent d'étudier la cohérence entre les performances de production, les pratiques et le système de production : les pratiques d'alimentation des animaux ou de paillage et stockage permettent-elles d'atteindre le potentiel de production ? Les pratiques d'alimentation ou de fertilisation sont-elles compatibles avec l'offre de l'exploitation ? Ces deux modèles à l'échelle de l'exploitation reposent sur des principes similaires, à savoir (i) la représentation de flux physiques sous forme de bilan entre offre et demande en ressources (vivrières, fourragères, fumure organique), (ii) l'absence de représentation des règles de décisions du producteur au sein des modèles et (iii) un développement sous tableur facilitant l'évolution de l'application et son utilisation dans un domaine de validité donné. De la sorte, ils adoptent une représentation du système de production compréhensible du producteur, flexible selon les différentes stratégies rencontrées et facile à gérer sur le plan informatique.

2.4. Problématique

L'étude du contexte nous montre que : 1) Les exploitations de la région du Lac combinent selon des formes diverses des productions végétales et animales afin de dégager des revenus et assurer le bilan vivrier des leur famille. Suivant la disponibilité et les contraintes d'utilisation des ressources, les producteurs peuvent définir des objectifs multiples et variés pour leurs activités de polyculture et d'élevage. 2) Les relations entre ces activités sont liées à plusieurs composantes du système de production (alimentation du bétail, fertilisation des cultures et traction animale), ce qui complexifie ce système. 3) Des dynamiques régionales sont en cours par rapport à l'apparition de nouvelles ressources (ex : cultures fourragères) et par rapport à l'utilisation des ressources nouvelles ou existantes (ex : conservation des fourrages, fonctions de la paille de riz). 4) Proposer des techniques innovantes indépendamment des diverses stratégies des producteurs peut-être d'une efficacité limitée. Une approche davantage centrée sur les besoins qu'ils expriment et leur engagement dans une réflexion prospective peut favoriser l'émergence de processus d'innovation.

L'ensemble de ces observations amène à considérer la façon dont le producteur gère ses ressources lorsqu'il instaure des modifications ou des innovations dans ses pratiques, en lien avec l'orientation stratégique de son exploitation. Pour des exploitations de polyculture-élevage, les relations complexes entre les différentes composantes du système de production doivent-être prise en compte. L'impact d'interventions sur ces composantes à l'échelle de l'exploitation peut être analysé *ex ante*, à savoir avant implémentation concrète par le producteur, grâce aux techniques de modélisation, en particulier par simulation. Dans une optique de transfert d'outils de simulation à des conseillers agricoles, la conception et l'expérimentation de modèles avec la participation des producteurs doit permettre d'évaluer le développement des outils par rapport aux objectifs et au contexte de leur exploitation agricole.

Ce travail a pour objet d'expérimenter une démarche d'accompagnement des producteurs capable de fournir les bases d'une réflexion sur l'évolution de leur exploitation agricole et qui soit transmissible à une structure de conseil. Elle doit permettre de traiter les questions d'ordre opérationnel, tactique et stratégique, dont l'intégration de techniques d'agriculture de conservation à l'échelle de l'exploitation. La démarche s'appuie sur des outils de simulation inspirés d'applications existantes mais développées dans des contextes différents. Dans ce mémoire, nous cherchons à répondre aux questions suivantes : i) Comment faire évoluer les

outils existants pour alimenter efficacement la réflexion du producteur ? ii) quelle peut-être l'utilité de la démarche par rapport aux exploitations de polyculture-élevage ciblées ?

3. Organisation de l'étude

3.1. Présentation des exploitations impliquées dans la construction de la démarche

Nous avons sélectionné les exploitations partenaires pour tester la démarche d'accompagnement parmi un échantillon de 12 réalisé avant le début du stage. Ces exploitations sont toutes autosuffisantes en riz et dégagent des revenus réguliers de l'activité d'élevage grâce à la production de lait (Figure 2). Un producteur autosuffisant en riz possèdera des marges de manœuvre. En outre s'il mise à la fois sur ses activités de polyculture et d'élevage pour dégager des revenus, il sera susceptible d'avoir des objectifs complémentaires ou contradictoires entre ces différentes activités. La réalisation d'un projet peut renvoyer à la complexité des interactions entre les composantes de son système et justifier ainsi l'intérêt de la modélisation.

L'échantillon des 3 exploitations choisies représentait *a priori* une diversité de situations agro-écologiques pour élaborer un modèle suffisamment générique (Tableau 1).

L'exploitant P exploite 4,75 ha (très majoritairement loués) dont 80% sont des rizières qui présentent de bonnes aptitudes culturales (en moyenne 5 t/ha de riz paddy). L'exploitation a adopté un rythme de croisière pour une production rizicole qui reste assez attachée aux traditions. Elle comprend une chaîne de traction complète[3] pour les chantiers de labour, hersage et mise en boue des rizières, n'utilise pas d'engrais minéraux et très peu de produits phytosanitaires. La monoculture du riz et ses objectifs de production élevés obligent le producteur à rendre l'alimentation du troupeau très dépendante des ressources externes à l'exploitation. Deux salariés permanents collectent des fourrages de marais quotidiennement pour l'affouragement des animaux. Les performances de l'atelier lait conduit par le fils adoptif alors âgé de 23 ans, amène le producteur à accorder de plus en plus d'importance à son développement dans le système de production. La demande croissante en lait liée entre autre à la proximité d'Ambatondrazaka l'incite à produire davantage. Il souhaite alors qu'on l'aide à voir de quelle manière peut s'envisager une augmentation du niveau de production de ses vaches à effectif stable.

L'exploitant H est un jeune producteur dynamique, installé depuis 2 ans après avoir été responsable des stocks dans un entrepôt de matériaux bâtiment à Antananarivo. Il a hérité de sa famille un foncier important, composé de 16 ha de rizières et 7 ha de *tanety*. Le producteur, avoue manquer de maîtrise technique pour exploiter la totalité des surfaces disponibles (actuellement seulement 10 des 16 ha de rizière et 2 des 7 ha de *tanety* sont exploités). Il débute le développement d'un atelier laitier avec 2 vaches faiblement productrices achetées en 2009, et en implantant plusieurs cultures fourragères (5 au total) en essai sur moins d'un ha. Il souhaite qu'on l'aide à configurer et dimensionner son système de production avec l'objectif de mettre en valeur l'intégralité du foncier dont il dispose.

L'exploitant S est un jeune producteur qui exploite un foncier de taille modeste mais pratique des cultures maraîchères sur *baiboho* en contre-saison. Il les intègre dans des systèmes de cultures SCV à base de dolique et de vesce. Une partie de ces fourrages est prélevée pour

[3] Une chaine de traction complète comprend 4 bœufs de trait, une charrue et une herse (Garin, 1998)

l'alimentation d'un troupeau de 3 vaches laitières. Deux de ces vaches doivent être réformées en raison de problèmes de fertilité. Son objectif serait de retrouver l'effectif actuel en misant sur la reproduction de la vache restante jugée bonne productrice, et d'augmenter ainsi le potentiel de production du troupeau. Il ne prévoit pas de changement majeur dans le système d'alimentation, actuellement basé sur la récolte d'herbes de marais. Le producteur souhaite avant tout voir comment configurer l'installation des cultures maraîchères sur l'ensemble de la surface de *baiboho* en fonction de la production de fumure organique du troupeau.

Dans l'ensemble, les projets abordent directement des questions de dimensionnement (augmentation de surfaces ou d'effectif) ou de configuration d'atelier (modification du niveau de production des vaches, introduction de nouveaux systèmes de cultures, SCV ou pas).

		Exploitation P	**Exploitation H**	**Exploitation S**
LOCALISATION		Zone sud-est	Zone ouest	Zone est
SURFACES	RI	3	12	0,82
	RIA	0,75	4	0
	Baiboho	0	1	0,95
	Tanety	1	6,5	1
Taux de faire-valoir direct		20%	100%	0%
SOLES (en ha)		Riz : 4,25 Maïs : 0,5	Riz : 10 (+ 6 loués) Maïs : 1 Arachide : 0,1 Manioc : 0,36 Pois de terre : 0,3 Fourrages : 0,5	Riz : 1,77 Citrouille : 0,04 Maïs + dolique : 0,3 Haricot + vesce : 0,38 Choux + vesce : 0,11
- Vaches laitières		5	2	3
- Bœufs de trait		4	0	0
- Autres bovins		10	2	0
- Embouche bovine		0	0	0
- Main d'œuvre familiale		3	2	2
- Main d'œuvre permanente		3	3	0
PROJET DES PRODUCTEURS		Augmenter le niveau de production laitier à effectif constant	Développer un atelier de 5 à 8 vaches laitières autonome en fourrage	Etendre les cultures maraichères de contre-saison et renouveler son troupeau laitier (3 vaches)

Tableau 1 : Présentation des exploitations participant à la conception de la démarche – RI : rizière irriguée, RIA : rizière à irrigation aléatoire

3.2. Déroulement de l'étude

Prise en main du matériel existant et choix des exploitations participant à la démarche

Il s'agissait déjà de comprendre le fonctionnement des applications développées au Maroc et au Burkina-Faso et d'extraire les caractéristiques principales des 12 exploitations sélectionnées au lac Alaotra pour les besoins de l'étude. Ces deux étapes d'appropriation des modèles et de caractérisation des exploitations devaient permettre d'élaborer un pré-modèle conceptuel d'analyse et de réfléchir aux adaptations nécessaires des applications existantes. Une ingénieure malgache chargée de pérenniser la démarche[4] nous a rendu compte du suivi

[4] Recrutée en CDD de deux ans dans le cadre du projet PEPITES pour le suivi précis des douze exploitations agricoles

individuel qu'elle réalise auprès des 12 exploitations de l'échantillon depuis janvier 2010. La discussion de ces informations aura permis d'accélérer le processus de sélection des exploitations avec lesquels concevoir la démarche.

Conception de la démarche et des outils avec deux producteurs

Partant de l'application Dalib, et des éléments de Cikeda sur la production de fumures organiques nous avons conçu de nouveaux modèles. Leur contenu et leur traduction en outils ont été modifiés en testant par itération leur applicabilité au cours de la démarche conduite avec les producteurs P et H. Des scénarios de fonctionnement de leur système de production ont été co-construits à partir d'une collaboration intervenants[5]/producteur puis avec la participation des conseillers agricoles locaux relevant des opérateurs du projet BV Lac (groupe Bas-Rhône Languedoc (BRL) et Agronome et Vétérinaires Sans Frontières (AVSF)). Dans la pratique, nous avons organisé des séances de travail au sein des exploitations mais aussi dans les locaux mis à disposition par les opérateurs du projet BV Lac afin de profiter des moyens logistiques (rétroprojecteurs, alimentation des ordinateurs). Pour chacune des séances, nous avons employé un traducteur malgache.

Initialisation d'une troisième expérimentation pour la transmission de la démarche

Partant de la démarche et des outils élaborés et testés avec les producteurs P et H, un troisième cas (producteur S) devait permettre de transmettre le processus d'accompagnement à l'ingénieure malgache. Ce cas n'a pu être conduit dans son intégralité avant la fin de la période de terrain. Toutefois, la participation de l'ingénieure à l'accompagnement des deux autres exploitations a favorisé la transmission de la démarche, en sus de la formation dispensée à l'utilisation des outils informatiques.

Restitution des résultats auprès des opérateurs du projet BV Lac

Au terme de la période de terrain de 3mois ½, nous avons présenté les principaux résultats de la démarche auprès des opérateurs BV Lac. Cette rencontre a permis de discuter le contenu des modèles, l'utilité des outils pour le conseil et leurs perspectives d'utilisation au Lac Alaotra.

4. Description de la démarche

4.1. Architecture générale

La démarche de modélisation se centre sur les performances et les différents flux physiques sous forme de bilans au sein d'un système de production (Figure 3). Ces bilans concernent les aliments du troupeau, les fertilisants employés pour les cultures, le riz consommé par le foyer et enfin la force de travail de trait pour les travaux des champs. Dans tous les cas, la demande est couverte par l'offre produite sur l'exploitation et/ou par des ressources externes au système de production (qui peuvent générer un coût d'achat). Les achats simulés influent sur les résultats comptables de l'exploitation donnant ainsi au producteur la possibilité d'apprécier les conséquences économiques de ses choix.

Ce type de représentation implique de traiter des questions de différents registres : Quelles ressources utiliser pour atteindre tel objectif de production ? Quelles sont les modalités d'utilisation de cette ressource au niveau du système de production (intégration dans le système, allocation par rapport aux différents ateliers, planification des vêlages, des ventes,

[5] A savoir Pierre-Damien Bascou, étudiant PEPITES sur l'organisation du travail et la gestion de la trésorerie des exploitations suivies, Mamy, ingénieure chargée du suivi, et moi-même.

des travaux de labour/hersage, etc.) ? Quelle configuration ou dimensionnement des ateliers pour produire ou consommer une ressource (gabarit des animaux, effectif, assolement) ?

La multiplicité et l'interdépendance des différentes productions possibles au sein d'une exploitation polyculture-élevage complexifient *a priori* la résolution des questions précédentes. Pour cette raison, nous avons choisi de structurer la démarche et ses outils selon deux niveaux de réflexion :

- au niveau "unitaire", c'est-à-dire pour une vache en lactation, un bœuf à l'engraissement, un ha d'une situation culturale[6], etc., il s'agit de rechercher une combinaison de ressources (fourragères, fertilisantes) permettant d'atteindre un objectif de production, parmi celles dont dispose le producteur ou qui pourraient rentrer dans son système de production. Pour ce faire, nous avons développé deux applications sous tableur Excel : l'une spécifique au calcul de ration (CalculRation, ANNEXE B), l'autre au calcul de fertilisation (CalculFerti, ANNEXE C).

- au niveau "exploitation", les fertilisations et les rations correspondant aux objectifs de production visés (respectivement rendement d'une culture et production de lait, viande et énergie d'un type d'animal) sont agrégées en fonction de la dimension et la configuration des ateliers et de la planification du cycle de production. Ces opérations débouchent sur les bilans du riz pour la famille, des fertilisants des cultures, des aliments du troupeau, de la force travail de trait pour les travaux des champs, ainsi que sur les résultats économiques de l'exploitation. Pour intégrer cette dimension, nous avons développé un simulateur (CLIFS : Crop LIvestock Farm Simulator).

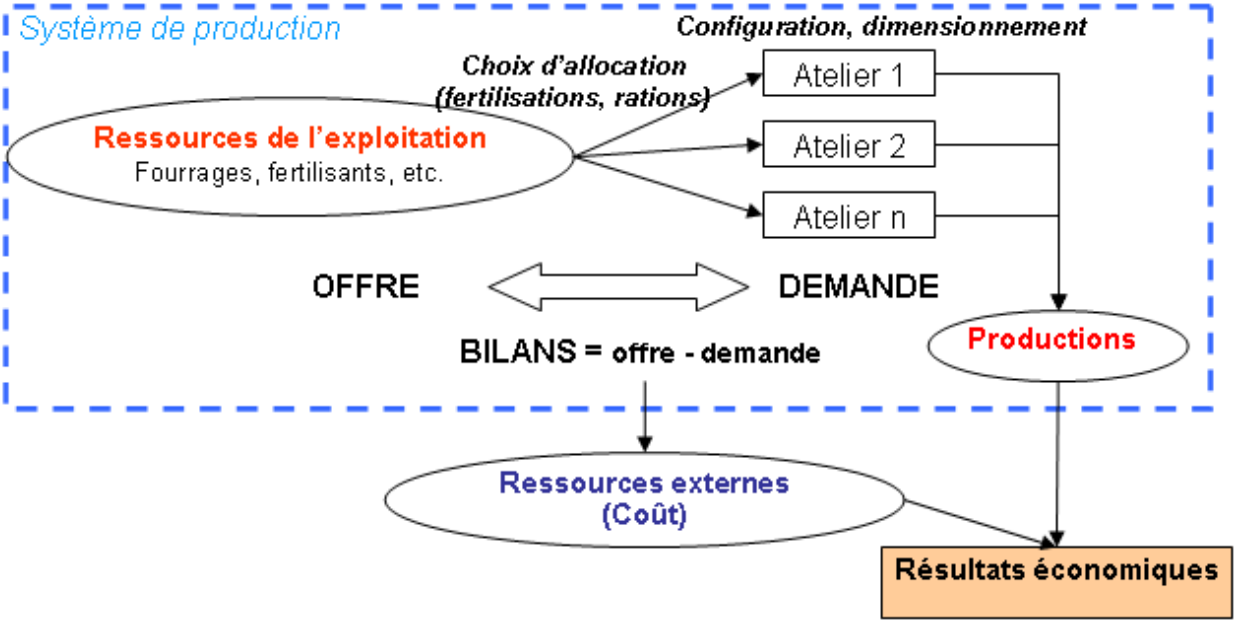


Figure 3 : Modèle conceptuel général employé dans la démarche d'accompagnement

De façon simplifiée, l'articulation des deux niveaux de réflexion et des outils correspondants, se base sur : i) la définition de rations et de fertilisations d'un scénario, suivie de l'évaluation technique et économique de leur adoption à l'échelle de l'exploitation, ii) la révision de ces

[6] Définie comme l'ensemble des parcelles de l'exploitation relevant d'un même milieu biophysique, portant une même culture ou association de cultures, conduites selon un itinéraire technique identique. C'est à cette échelle que peut être fait un diagnostic cultural mettant en relation l'itinéraire technique, les états du milieu et le peuplement végétal cultivé (Jouve, 2003). Dans notre cas la situation culturale inclut une estimation du rendement espéré en relation avec des conditions climatiques données.

rations/fertilisations et/ou de l'objectif correspondant en fonction de la faisabilité et de l'intérêt du scénario (Figure 4).

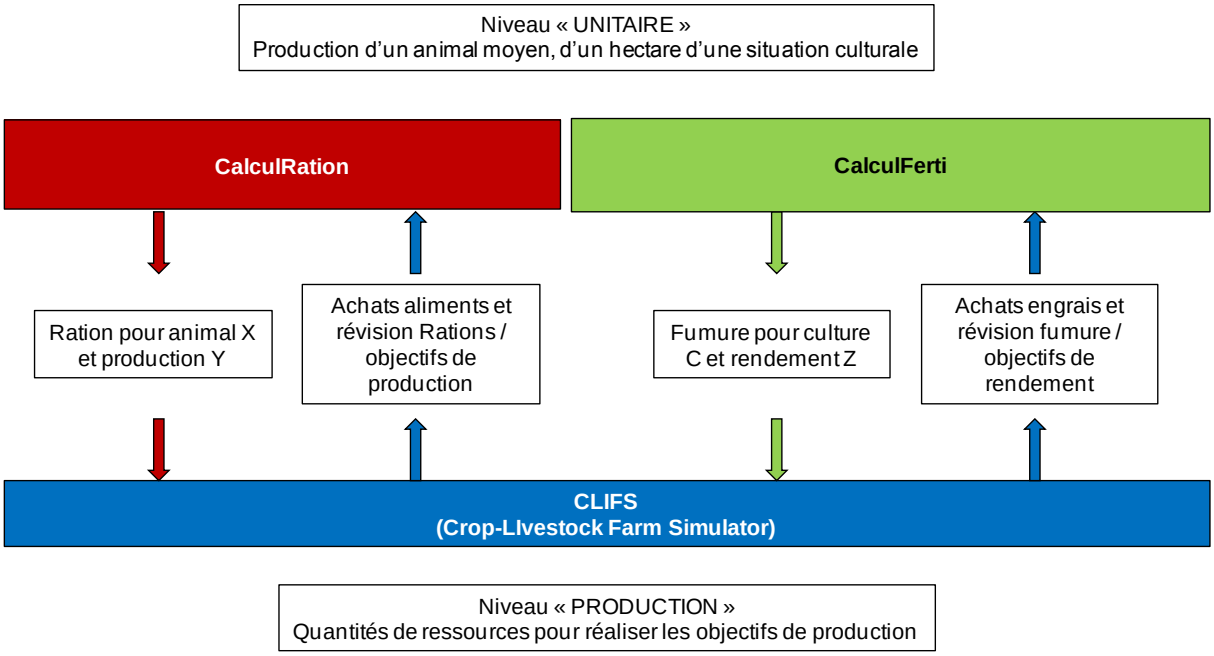


Figure 4 : Articulation des outils CalculRation, CalculFerti et CLIFS dans le cadre de la démarche - Adapté de Le Gal, 2010c (Rapport de mission au Lac Alaotra du 9 au 17 juin 2010)

4.2. Présentation du simulateur CLIFS (Crop LIvestock Farm Simulator)

Le simulateur CLIFS fonctionne sur un pas de temps mensuel et produit une simulation des résultats technico-économiques d'exploitation pour une seule année.

L'agrégation des productions internes et des consommations conduit aux bilans de ressources déjà évoqués (
) : riz pour la famille et aliments pour le troupeau par type d'aliment (module aliments), engrais par types d'engrais dont les fumures organiques (module fumures) et travail de trait pour les terres agricoles (module travail de trait). Pour chacun des bilans, l'équilibre entre offre interne et demande impacte le niveau des achats et donc celui des dépenses de l'exploitation. D'autre part, les performances techniques des cultures et des animaux influent sur les recettes. L'ensemble de ces effets sont intégrés dans les résultats du module économique de l'exploitation. L'évaluation de la performance technico-économique du système de production avec CLIFS doit alors permettre au producteur (i) d'apprécier la pertinence des choix tactiques et stratégiques à l'échelle de l'exploitation (planification des productions, configuration et dimensionnement des ateliers, utilisation des ressources en autoconsommation et vente) et (ii) de redéfinir les ressources à employées au niveau des processus de production (alimentation du troupeau avec CalculRation et fertilisations des cultures avec CalculFerti).

La procédure de simulation sous CLIFS est la suivante :

- L'utilisateur saisit dans le module « Ressources de l'exploitation » les caractéristiques structurelles de l'exploitation nécessaires aux calculs ultérieurs (superficies des terres agricoles, bâtiments d'élevage avec ou sans toit, équipement de stockage des fumures organiques) ainsi que les choix d'utilisations des ressources (type et volume des productions

vendues[7], type des aliments et fertilisants achetés, modalités d'utilisation des bœufs de trait). Il saisit dans cette même page les entrées du module « Famille », c'est-à-dire la composition du foyer pour la demande en riz.

- Dans le module « Troupeau », il définit ensuite la composition du cheptel animal (nombre de vaches laitières, d'animaux à l'embouche, de bœufs de trait et autres bovins), la planification des vêlages et des entrées/sorties d'animaux. Il rapporte aussi les objectifs de production fixés au niveau unitaire (production laitière, gain moyen quotidien, etc.).Dans le module « Cultures + Terres agricoles », les caractéristiques de chaque situation culturale sont saisies (surface, % paille récoltée, rendements définis dans CalculFerti)

- Les modules « Rations » et « Fertilisations » reprennent respectivement les rations définies avec CalculRation pour chaque catégorie d'animaux et les fertilisations définies avec CalculFerti pour chaque situation culturale.

En interne, CLIFS calcule les offres et demande de chacun des bilans et recense l'ensemble des recettes et dépenses au niveau de l'exploitation dans le module économique. L'ensemble des variables mobilisées sont décrites en ANNEXE D.

[7] Cette entrée permet au producteur de choisir un certain volume de production qui sera destiné à la vente et non pas automatiquement considéré pour l'intra-consommation par CLIFS. Si rien n'est spécifié, CLIFS destine la production en priorité pour l'intra-consommation puis les excédents éventuels pour la vente.

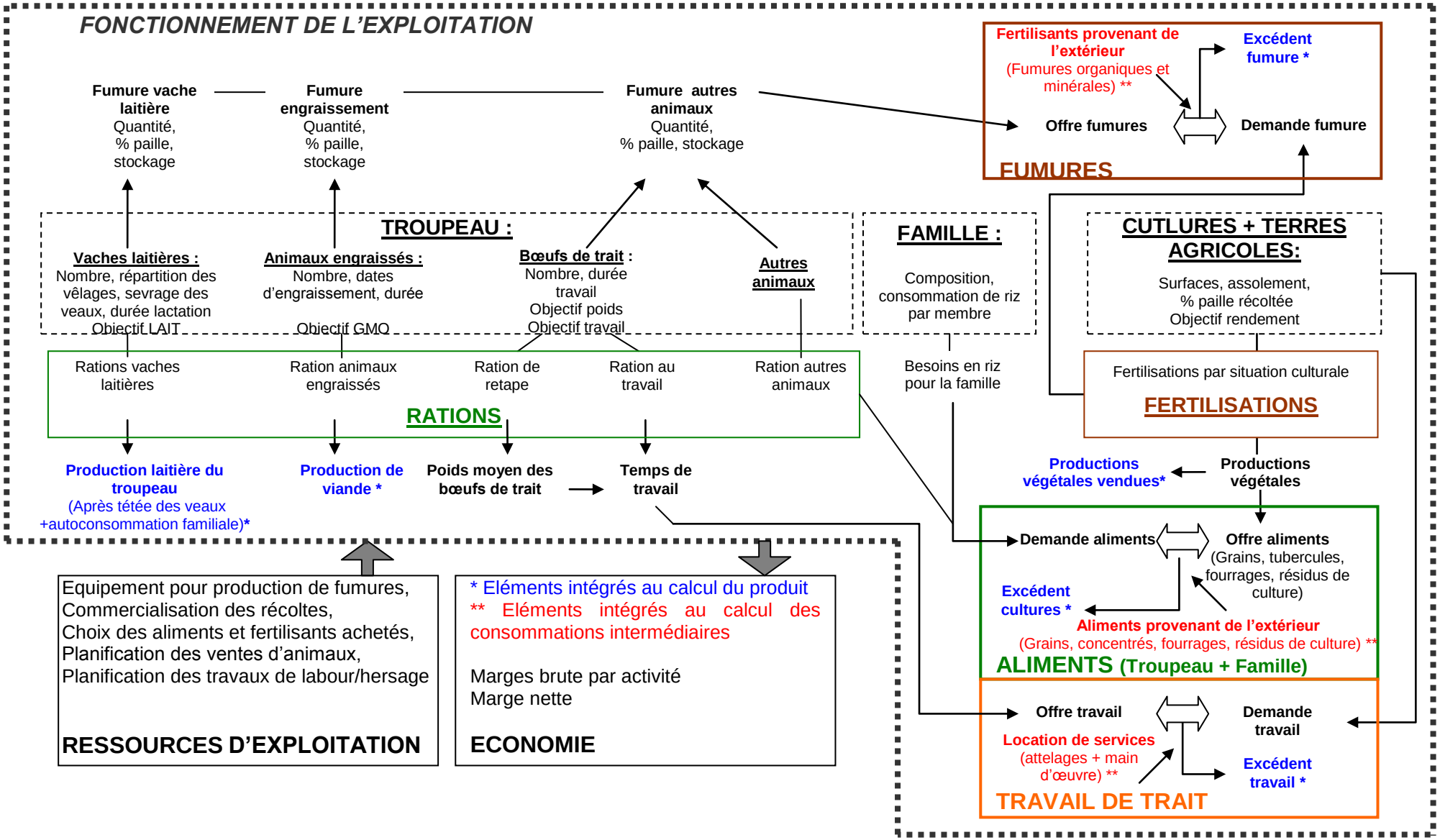


Figure 5 : Modèle conceptuel de CLIFS (Crop LIvestock Farm Simulator

5. Mise en œuvre de la démarche

5.1. Un processus en trois étapes

La démarche d'accompagnement testée relève avant tout d'un conseil individuel. Elle se base sur un processus en 5 grandes phases organisant l'interaction entre le producteur et l'intervenant : (i) connaissance et diagnostic de l'existant sur la base des suivis et de la simulation d'un premier scénario reproduisant la situation actuelle, (ii) discussion avec le producteur des scénarios à simuler sur la base de ses projets et des questions à résoudre, (iii) restitution des résultats des simulations et production éventuelle de nouveaux scénarios (retour à phase ii), (iv) appréciation du scénario par le producteur, avec au besoin des ajustements pour une nouvelle simulation, (v) simulation d'autres scénarios sur la base des réflexions communes entre le producteur, les conseillers agricoles et l'intervenant. Le processus d'achève lorsque producteur et intervenant estiment-être arrivés à une réflexion suffisamment avancée par rapport au projet initial.

Ce processus fait appel à trois types de scénario (Figure 6) :

Le scénario de base, qui reproduit la situation actuelle de l'exploitation, doit aider l'intervenant à mieux saisir la cohérence du système de production. Cette phase a pour objectif de converger avec le producteur vers une représentation similaire du système de production (sous la forme entrées/sorties et offre/demande) pour pouvoir porter ainsi un premier diagnostic. Elle se base sur un calibrage participatif et itératif des modèles avec des ajustements alternées au niveau unitaire avec CalculRation et CalculFerti (par exemple, les quantités d'aliments distribués quotidiennement au troupeau) et exploitation avec CLIFS (par exemple, la quantité de fumures organiques produites). Le calibrage est une étape essentielle dans la construction de ce scénario étant donné que les exploitations ciblées sont généralement peu renseignées. Ici certaines des données[8] des exploitations sélectionnées ont été recueillies par l'ingénieure malgache en charge de leur suivi depuis janvier, ce qui a sans doute permis d'accélérer le processus de représentation du fonctionnement actuel

A partir du diagnostic tiré de la phase (i) et du projet exprimé par le producteur, le processus se poursuit par la construction d'un scénario prospectif dit « de référence ». Il doit permettre de discuter la faisabilité, l'efficacité d'un projet et de l'adapter au fur et à mesure du processus selon l'appréciation des simulations par le producteur. Le processus d'élaboration du scénario de référence est initié par une recherche au niveau unitaire de modifications d'un processus de production par rapport au scénario de base (Figure 7). Au niveau exploitation, la totalité des changements à considérer avec ces modifications sont listés et permettent de définir l'ensemble des fertilisations et des rations à envisager à l'aide de CalculFerti et CalculRation. La simulation du système de production ainsi modifié est appréciée par le producteur. Il induit de nouvelles modifications jusqu'à trouver une représentation d'un système de production proche de ses ambitions.

Lors d'une troisième phase, l'intervenant, aidée d'une éventuelle expertise locale (conseillers ou chercheurs par exemple) pourra apporter un regard critique sur ce scénario et avancer des suggestions alternatives. En accord avec le producteur, les options seront intégrées dans la construction de nouveaux scénarios comparables au scénario de référence.

[8] Un suivi bimensuel est réalisé pour le relevé des données de structure (famille, main d'œuvre, équipements, parcellaire, inventaire d'animaux), de fonctionnement de l'exploitation (entrées/sorties troupeau, alimentation, fumures produites, lait produit, opérations culturales, productions végétales) et de trésorerie (recettes, dépenses, autoconsommation)

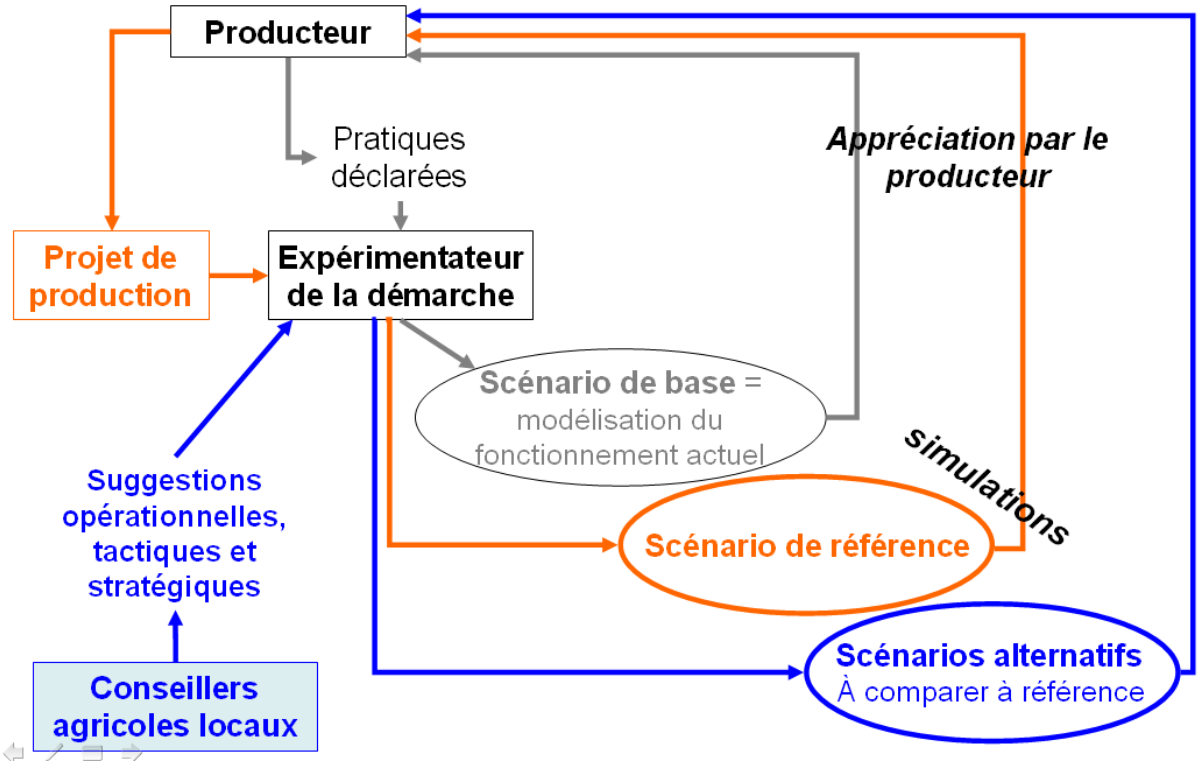


Figure 6 : Les différentes étapes de la démarche d'accompagnement

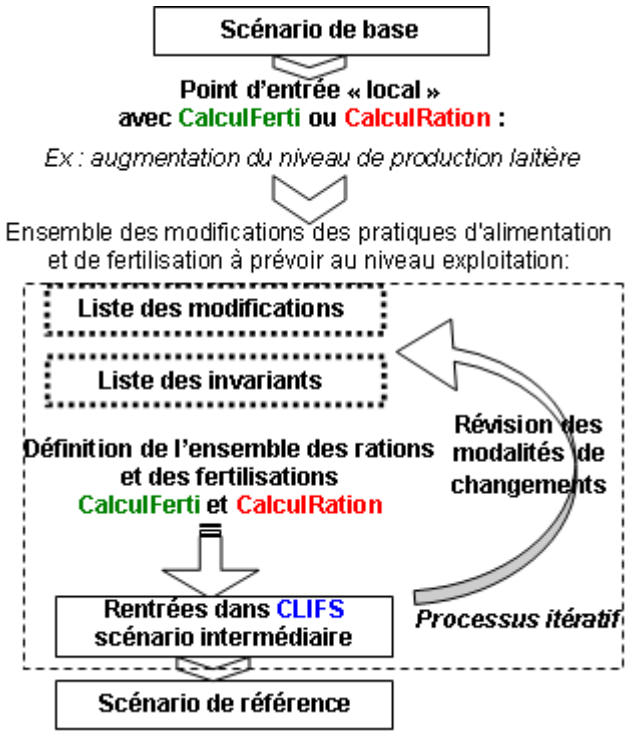


Figure 7 : Schéma du déroulement pour la conception du scénario de référence

5.2. Applications de la démarche auprès d'agro-éleveurs

Cette section vise dans un premier temps, à illustrer la démarche d'accompagnement à partir du cas le plus simple des trois, à savoir l'exploitation P pour laquelle les interactions entre composantes ont été peu complexifiées compte tenu de la question posée par le producteur. Cette complexification sera analysée dans un second temps sur les cas H et S.

5.2.1 Démarche complète conduite avec l'exploitation P

→ Phase 1 : « Vers une représentation similaire du fonctionnement de l'exploitation »

Présentation de la démarche

La première visite débute par l'introduction de la démarche et ses objectifs. Nous exposons les principes et testons quelles peuvent-être les motivations des producteurs pour entreprendre une démarche d'accompagnement. Cette étape vise à s'assurer d'un accord à partir duquel mettre en œuvre une démarche à caractère participatif.

Etat des lieux, approche de l'exploitation agricole

Au cours de cette étape de deux à trois séances, les pratiques observées sont mises au regard des contraintes exprimées par le producteur. Le but est d'identifier les différents objectifs, définis en l'occurrence par trois personnes de la famille. Le fils ainé gère principalement l'atelier lait composé par 5 vaches laitières. Le père se consacre plus aux cultures installées sur 5 ha de rizières et 1 ha de *tanety*. Enfin, la mère semble porter un regard d'ensemble sur l'exploitation agricole. C'est elle qui manifeste le plus d'intérêt pour la démarche au cours de nos premières visites.

L'atelier de vaches laitières associe un objectif de production en saison sèche. L'alimentation fourragère est basée sur des herbes récoltées dans les marais. Pour cela deux salariés permanents se chargent d'aller collecter quotidiennement chacun 4 sacs d'environ 30 kg de matière verte. Le fils se charge de la fabrication d'un concentré à partir de maïs produit en partie sur l'exploitation, de farine de poisson et de son de riz. Il ajuste la quantité de concentré distribuée selon le stade physiologique de chaque vache laitière. Le lait est vendu auprès de collecteurs en bicyclette. Les vaches laitières sont en stabulation permanente dans des box individuels paillés abondamment (environ 6 kg/vache/j). Les rizières ne permettent pas de couvrir la demande en paille, ce qui n'est pas un problème pour le producteur P et sa famille. Ils préfèrent stocker de la paille provenant de rizières d'autres exploitants mais proches de la ferme, plutôt que d'acheminer celle de leurs rizières trop éloignées.

Par ailleurs, P possède 4 zébus de trait pour les travaux des rizières. Ils sont complémentés après les travaux de labour/mise en boue/hersage avec du manioc acheté. Le reste de l'année les zébus sont conduits de la même manière que les animaux de renouvellement. Ils pâturent durant la journée et consomment de la paille de riz, ainsi qu'un peu de fourrage vert lorsqu'ils sont rentrés en parc. Ils y produisent de la poudrette de parc (mélange de déjections et de terre).

Le producteur cultive du riz sur 3 ha de rizières irriguées et 0,75 ha de rizière à irrigation aléatoire (RIA). Sur ces surfaces, les rendements sont élevés (de l'ordre de 5 t/ha), du fait selon lui, d'une bonne fertilité des sols. Il tâche de l'entretenir en répartissant les 60 charrettes de fumure produites annuellement sur l'exploitation. Les sols pauvres de sa parcelle de *tanety*

ne sont pas fertilisés. Sur les 2 parts égales de 0,5 ha, le riz et le maïs, espèces exigeantes en minéraux, produisent relativement peu (rendement de 1 t/ha chacune).

Construction d'une représentation du système de production et évaluation avec le producteur

L'objectif de cette étape est de construire une représentation du fonctionnement actuel du système de production à partir des données déclarées par le producteur et des trois outils de simulation. La construction de la représentation se base sur des itérations entre simulations hors exploitation et discussion des résultats avec le producteur pour calibrer les modèles.

a) Rations et fertilisations avec CalculRation et CalculFerti

A l'aide des performances laitières relevées depuis 5 mois, la discussion du rationnement des vaches laitières permet d'estimer quelques variables avec le producteur :
- le poids vif moyen des vaches aux alentours de 300 kg
- le potentiel de lactation moyen d'environ 14 L/vache/jour au pic de lactation
- la composition de la provende (55% maïs grain, 30% son de riz, 15% poudre de poisson)
- un ordre de grandeur des quantités journalières distribuées en moyenne par mois pour la provende (à 0,5 kg près) et de fourrages (en sacs dont le poids de matière verte se situe entre 30 et 40 kg selon la saison).

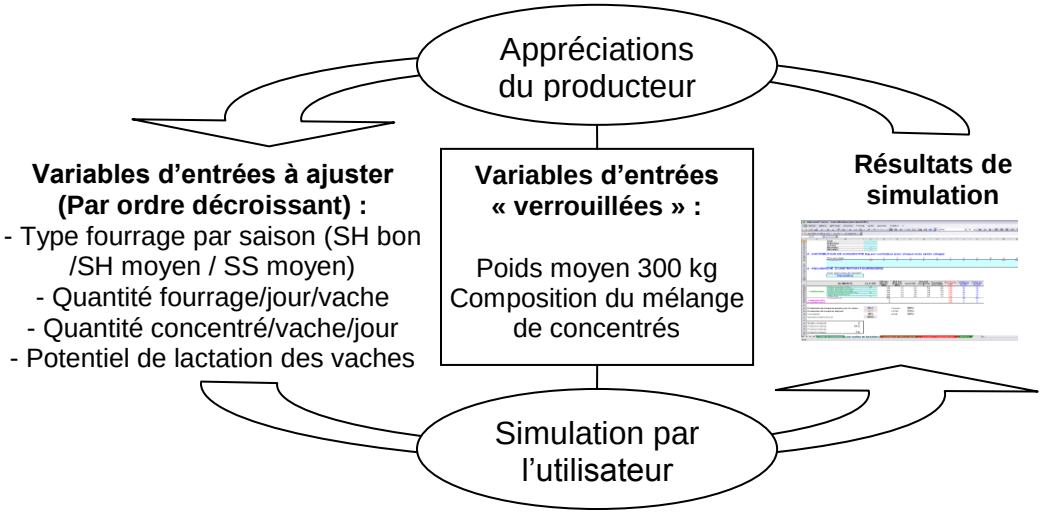


Figure 8 : Processus de détermination des rations avec CalculRation

Ces estimations permettent d'initier le processus de détermination des rations avec CalculRation. (Figure 8). Le producteur apprécie chacune des variables quantitatives simulées par rapport à l'intervalle dans lequel il pense qu'elles se trouvent. Les variables qu'il considère comme les plus certaines sont verrouillées et les variables restantes servent au calibrage pour atteindre une situation qu'il juge satisfaisante. Ici, les valeurs alimentaires des aliments choisies dans l'application restent inchangées mais selon leur qualité et la saison, plusieurs types de fourrage de marais existent. Ceux distribués dans l'exploitation pourraient-être une combinaison des différents types en particulier lors des transitions entre saison. D'autre part, l'ordre de grandeur des quantités de fourrages est assez peu précis. La quantité puis la composition des fourrages ont donc été les variables prioritairement utilisés pour l'ajustement des rations à la production laitière (ANNEXE F).

Un processus similaire est conduit pour la détermination des fertilisations avec CalculFerti. Compte tenu des valeurs élémentaires des fumures de l'exploitation, les fertilisations pratiquées ne permettent pas de couvrir les exportations des cultures. Les quantités de fertilisants minéraux à employer pour corriger le déficit sont particulièrement élevées dès lors

que des pailles sont exportées (Tableau 2). Ce déséquilibre traduirait une utilisation des réserves minérales du sol, compte tenu des rendements annoncés par le producteur.

Situations culturales		**Riz sur RI 1**	**Riz sur RI 2**	**Riz sur RIA**	**Riz + Maïs sur *tanety***
Rendement (t/ha) *(% paille exportée)*		4.1 *0 %*	5.5 *60 %*	4.9 *60 %*	1(Riz) ; 1(Maïs) *0 % ; 0 %*
Quantité par ha	Fumier frais	10 charrettes	14 charrettes	14 charrettes	0
	Poudrette	2 charrettes	3 charrettes	3 charrettes	0
Correction	Engrais 10.10.13	40 kg	90 kg	65 kg	70 kg
	Urée	65 kg	165 kg	140 kg	65 kg

Tableau 2 : Fertilisations définies par situation culturale avec CalculFerti

b) Productions et bilans de l'exploitation simulées sous CLIFS :

- *Production laitière*

La production laitière représentée sous CLIFS (Figure 9) est directement issue des valeurs simulées dans CalculRation. Elle permet de déduire une production commercialisable[9] variant entre 15 et 30 L/jour. Pendant la saison humide (novembre à avril), les producteurs parviennent à valoriser le potentiel de leur troupeau. En revanche, durant la saison intermédiaire (mai – juin) et surtout la saison sèche (juillet – octobre), ils revoyaient les objectifs de lactation la baisse dans CalculRation car la qualité médiocre des fourrages de marais ne permet pas d'atteindre les performances obtenues en saison humide. A cette période, s'il semble plus facile de produire efficacement par rapport au travail de collecte de fourrage, le producteur répond qu'il est aussi plus difficile de commercialiser le lait. Pour lui, mieux vaut donc planifier les vêlages vers le mois avril de manière à profiter de fourrages d'assez bonne valeur alimentaire[10] et pouvoir produire plus de 25 L/jour sur l'ensemble du troupeau en début de saison sèche.

[9] Production commercialisable = production estimée – volume tété par les veaux – volume pour autoconsommation familiale

[10] A titre d'exemple, la valeur énergétique des herbes des marais rentrées lors des simulations de rations passe de 0,6 (SH bon) à 0,5 (SH moyen) puis 0,33 (SS moyen) UFL/kg de MS pour les mois d'avril, juin et août

Sorties de CalculRation (une vache moyenne)

Kg de MV/jour	janv.	févr.	mars	av.	mai	juin	juil.	août	sept	oct.	nov.	déc.
Herbes naturelles SH bon	34	34	34	34	18						15	34
Herbes naturelles SH moyen					18	38	16					
Herbes naturelles SS moyen							16	26	26	26	15	
Paille de riz	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5							0.5
Lait produit/vache/jour	8,0	9,5	10,3	9,7	9,3	7,5	6,4	5,1	4,6	5,0	6,1	6,8
Potentiel de lactation (l/vache/j)	8,3	10,0	10,5	9,9	10,1	10,4	9,8	8,3	8,0	8,0	6,8	6,8
Produit/potentiel %	96	95	98	99	92	72	65	62	58	63	89	100

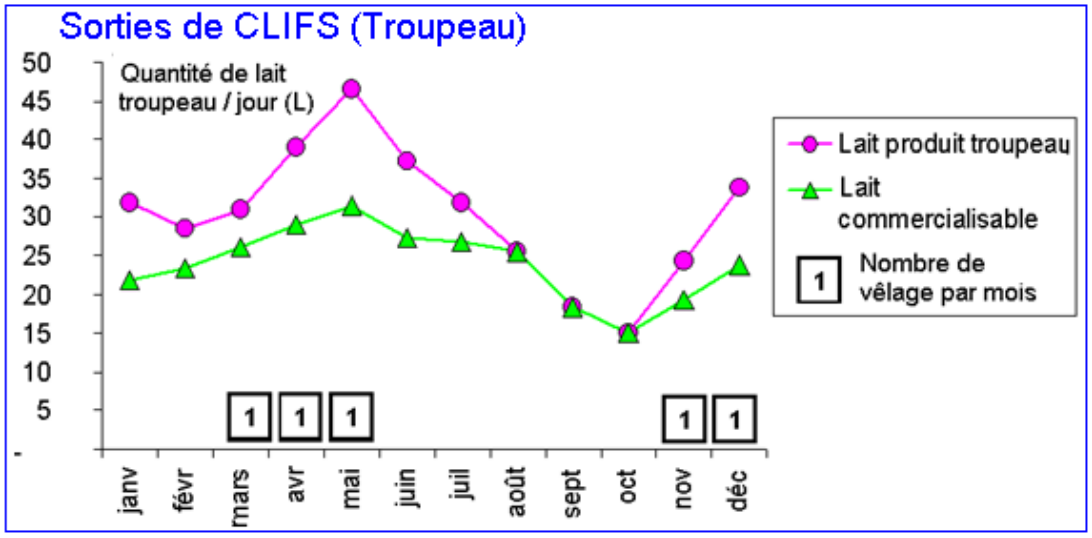


Figure 9 : Production de lait commercialisable déterminée par CLIFS avec les sorties de CalculRation - SS : saison sèche ; SH : saison humide ; MV : matière verte ; PL : production laitière (NB. les veaux sont sevrés à l'âge de trois mois)

➢ *Bilans en paille, fourrages, fumures organiques et force de traction*

La simulation des différentes variables calculées à l'échelle de l'exploitation donnent lieu à troisième processus d'ajustement. De la même façon que dans la Figure 8, les variables les plus certaines sont verrouillées selon l'avis du producteur et servent au calibrage des autres variables. Par exemple, le calibrage de la production de fumures organiques (Figure 10) se base sur les compositions du fumier déjà déterminées avec CalculFerti. Le temps passé par le troupeau non-laitier hors de l'exploitation fixe la quantité de poudrette par rapport au fumier des vaches laitières en stabulation permanente. Le calibrage des pertes lors du stockage baisse dans les mêmes proportions le volume des deux fumures puisqu'elles sont stockées dans des conditions semblables. Comme la consommation et production de paille ainsi que la production de fumier sont interdépendantes, les ajustements sont nombreux avant de trouver un équilibre satisfaisant pour le producteur (ANNEXE E).

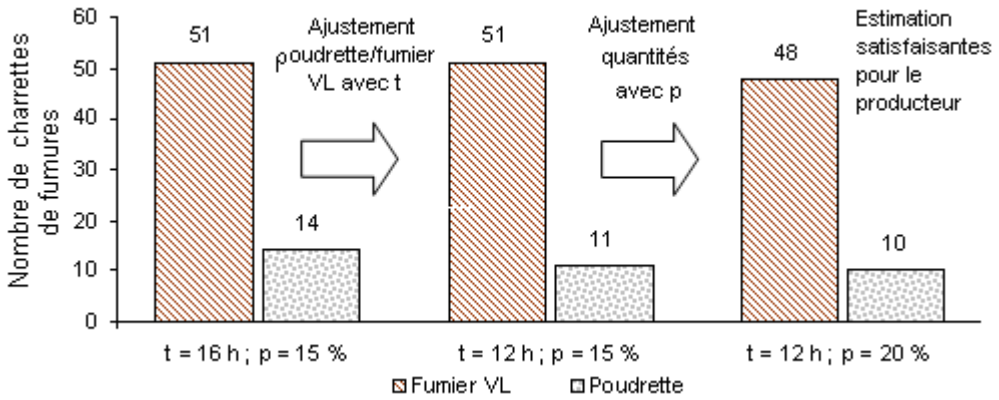


Figure 10 : Ajustements des quantités de fumure organiques produites chez l'exploitant P - La proportion de poudrette par rapport au fumier est déjà ajustée avec la durée de stabulation quotidienne (en h) du troupeau non laitier (variable t) puis les quantités des deux fumures, stockées dans des conditions semblables, sont ajustées avec le pourcentage de pertes du stockage en tas (variable p)

Faute d'avoir développé le module assez tôt, le calibrage du travail de trait n'a pu être réalisé. En revanche, les données collectées permettent la proposition d'une représentation plausible. Pour les 4,75 ha à travailler, l'utilisation des 4 bœufs de trait permettrait de conduire le labour en un mois, soit 20 jours de travail et le hersage en 20 jours, soit 14 jours de travail. Le producteur ne distribue pas de ration spécifique lors des travaux, ce qui engendrerait un amaigrissement d'environ 27 kg/bœuf : 6 kg seraient repris juste après les travaux au mois de mars (grâce à une ration déclarée à base de manioc), puis 21 kg au cours des 8 mois suivants afin d'atteindre un poids moyen de 300 kg avant le début de la prochaine campagne de riz.

Le producteur valide le bilan céréalier simulé : la production de riz couvre largement les besoins de la famille (de l'ordre de 1,65 t de paddy par an) et permet de vendre environ 16,6 t.

d) Résultats économiques du système de production actuel [11]

Cette partie de la simulation apporte quelques éléments sous une forme parfois non familière au producteur. Ainsi, l'explication de la marge brute d'exploitation (d'environ 14 M Ar) n'a pas vraiment provoqué de réaction, preuve peut-être que d'autres indicateurs sont plus adaptées à la réalité paysanne (solde ?). En revanche, il a cerné l'utilité de cette variable à des fins de comparaisons, notamment pour la contribution des activités d'élevage et de culture au résultat d'ensemble (respectivement 45 et 55% ici).

Compréhension de l'exploitation et formulation du projet

L'état des lieux et la modélisation du fonctionnement actuel de l'exploitation (ANNEXE I) lancent les bases d'une discussion sur le système actuel de production. La comparaison des pratiques à des références théoriques tient lieu de diagnostic (par exemple sur la durabilité d'exploitation du sol en comparant le niveau de fertilisation des cultures par rapport aux exportations en N, P, K). Des marges de manœuvre sont aussi identifiées par rapport aux contraintes exprimées. Ici le foncier est plutôt limité par rapport au cheptel animal. L'exploitation P réserve ces sols les plus fertiles pour la culture du riz et produit du maïs sur *tanety* pour couvrir 20% de la consommation du bétail. Aucun investissement n'est jugé

[11] Pour ce scénario, les quantités de fertilisants sont celles déclarées par l'exploitation P. Nous n'avons pas ajouté les quantités de fertilisants indiquées au Tableau 2 et qui couvriraient les exportations NPK. Ceci pour mieux estimer les dépenses effectivement réalisées par l'exploitation.

nécessaire pour la fertilisation ou la protection des cultures en *tanety* malgré les faibles rendements en maïs et en riz.

Le système de récolte d'herbes de marais satisfait car il ne mobilise ni les superficies de l'exploitation, ni d'intrants. En revanche, il est coûteux en main d'œuvre (2 salariés permanents), fournit une qualité d'herbe très variable au cours de l'année et serait plus aléatoire si la pression sur ces ressources collectives augmente.

L'exploitation a pour objectif de développer l'activité laitière, qu'elle estime plus rentable que les cultures. La production laitière individuelle doit augmenter d'environ 2 l/vache/j au pic de lactation. En préservant un effectif de 5 vaches, ils pensent ne pas trop accroître la demande alimentaire et poursuivre ainsi avec le système de collecte de fourrages à l'extérieur. L'alimentation du troupeau n'induirait aucune diminution de la surface rizicole Par ailleurs, le producteur cherche à avoir plus de souplesse par rapport à l'utilisation des bœufs de trait. Doubler l'effectif grâce au croit naturel du troupeau laitier leur permettrait de diminuer les charges de travail par bœuf à moindre coût.

→ Phase 2 : « Conception du scénario de référence »

Trouver un point d'entrée

La première phase aura permis d'identifier parmi le rationnement des animaux ou la fertilisation des cultures, le point d'entrée au niveau unitaire le plus en lien avec le projet exprimé. Les producteurs conçoivent une augmentation du niveau de production laitière du troupeau principalement par le biais du progrès génétique, en poursuivant le recours à l'insémination artificielle. *A priori* aucun changement n'est prévu quant aux pratiques d'alimentation si ce n'est éventuellement une hausse des quantités distribuées. L'alimentation constitue donc le point d'entrée pour la conception du scénario de référence bien que les pratiques de fertilisation, soient aussi sujet à discussion.

Le producteur et son fils ont été conviés à une journée sur Ambatondrazaka, pour introduire les principes du rationnement des animaux, avant de chercher ensemble différentes options d'alimentation afin d'atteindre le niveau de production souhaité. A l'aide d'une présentation power-point (ANNEXE G) la présentation des bases de calcul de ration pour des vaches laitières[12] aborde dans l'ordre : 1) la définition et les objectifs du rationnement, 2) les deux composantes Azote et Energie, 3) la capacité d'ingestion et l'encombrement des fourrages, 4) l'articulation des 3 points précédents et l'introduction du système d'unité alimentaire. Une fois les principes assimilés par le producteur, différentes options de rationnement des vaches laitières sont testées.

Le système d'alimentation actuel est comparé aux changements à prévoir sur les animaux. Selon le producteur, une augmentation de la production laitière par croisement successifs avec des animaux à haut niveau de production entrainerait une augmentation du gabarit de l'ordre de 50 kg de poids vif. Cette hausse se traduit dans CalculRation par une élévation de la capacité d'ingestion et donc des quantités de fourrages à apporter (environ + 1,25 kg de MS par vache/j).

Avec CalculRation, de nouvelles quantités de fourrages sont déterminées pour atteindre la saturation de la capacité d'ingestion (ANNEXE F). L'augmentation des quantités de fourrages n'est pas significative pour le producteur car elle ne permet pas d'amélioration de la production laitière en saison sèche (Figure 11). Selon le producteur, l'intérêt des cultures fourragères est limité à la saison humide. Les techniques de conservation permettraient de

[12] Car c'est ici la catégorie d'animaux visée par le projet de production

remédier au problème mais ils n'ont pas la volonté d'investir dans cette voie encore inexpérimentée au Lac Alaotra.

La distribution de concentré représente un levier pour le producteur qui conçoit une augmentation des quantités jusqu'à un seuil de 5 kg/j/vache. L'accroissement proportionnel des quantités de provende par rapport au scénario de base conduit à amélioration de 20% de la production laitière de juin à août, soit + 1,4 L/vache/jour. Ce ne sont pas les 2 litres initialement prévus mais le producteur se contente de cette solution si le coût de la provende peut-être revu à la baisse. Selon lui, la poudre de poisson est trop chère et difficile d'approvisionnement. Dans CalculRation, son remplacement par du tourteau d'arachide permet d'atteindre les mêmes performances (Figure 11).

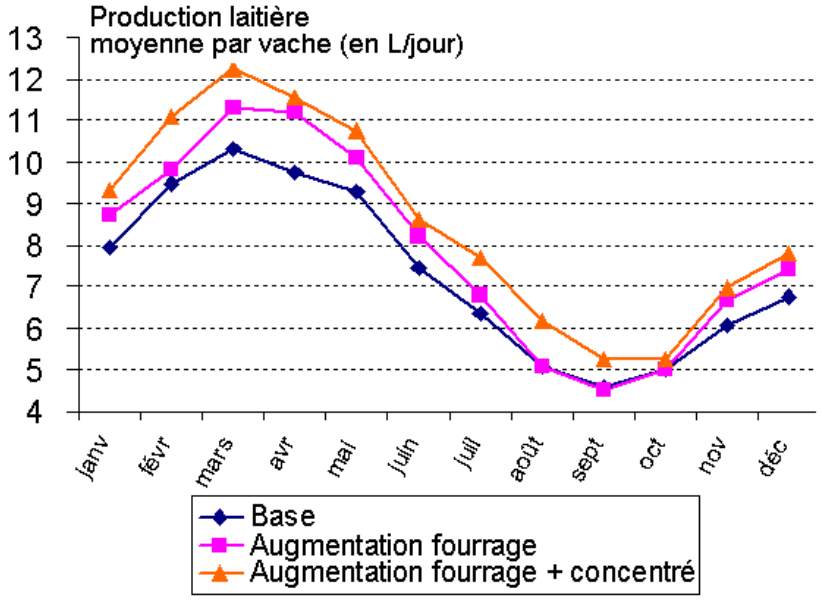


Figure 11 : Effets sur la production laitière de changements des rations déterminées avec CalculRation pour atteindre différentes productivités par vache

Lister les modifications apportées par rapport au système actuel

Le changement des pratiques d'alimentation des vaches laitières est ensuite combiné avec un ensemble d'autres modifications du scénario de base envisageables dans le scénario de référence (Figure 7). Après discussion sur l'évolution démographique, l'objectif de progrès génétique pourrait-être atteint en 2016. Entre temps, le producteur maximiserait le renouvellement du troupeau laitier à effectif stable (5 vaches). Les mâles seraient soit sélectionnés pour grossir le lot de bœufs de trait (jusqu'à 8), soit engraissés à l'âge de 2 ans. Les animaux de réforme (vaches et bœufs de trait) seraient eux aussi engraissés. L'augmentation du lot de bœufs de trait réduirait la demande individuelle en travail des bœufs, de manière à améliorer le débit de travail journalier (avec beaucoup d'incertitudes, de l'ordre de 1 are par heure pour l'ensemble des travaux).

Déterminer des rations (en sus des vaches laitières) et des fertilisations au niveau unitaire

A l'aide de CalculRation, les rations des animaux non-laitiers sont déterminées avec le producteur. L'engraissement durerait 3 mois pendant la saison humide avec un objectif de vente au mois de juin lorsque les cours sont les plus favorables. Pour un GMQ d'environ 800 g/j, les producteurs souhaitent utiliser du manioc traditionnellement employé pour les embouches longues, mais il doit-être complété par un concentré azoté.

Le producteur n'envisage pas de changement de pratiques pour la fertilisation des cultures. Pour ce scénario de référence, les quantités d'engrais calculées avec CalculFerti pour couvrir les exportations de minéraux sont cette fois intégrées dans les fertilisations (Tableau 2).

Simulation du scénario de référence avec CLIFS

Les modifications listées au niveau animal et culture, dont les nouvelles rations et fertilisations sont rentrées sous CLIFS. Un premier scénario montre au producteur l'effet des modifications choisies au niveau de l'exploitation agricole (Tableau 3). Il se satisfait des impacts techniques et économiques sur la production.

	Scénario de base	**Scénario intermédiaire**	**Scénario de référence**
Fourrage (nombre de sacs/j en moyenne)	8	11	11
Maïs grain (t/an)	2,52	2,93	2,93
Son de riz (t/an)	1,28	1,04	1,04
Poudre de poisson (t/an)	1,72	-	-
Tourteau d'arachide (t/an)	-	1,04	1,04
Coût moyen des concentrés (Ar. /kg)	*437*	*401*	*401*
Bilan en paille (en t)	- 1,2	- 8, 3	- 8, 3
Bilan fumures (en charrettes) :			
- Fumier VL	48 – 48 = 0	58 – 48 = **+ 10**	58 – 58 = **0**
- Poudrette de parc	10 – 10 = 0	28 – 10 = **+ 18**	28 – 28 = **0**
Perte de poids pendant les travaux (en kg/bœuf)	27	11	11
Lait commercialisable (L/vache/an)	1726	2091	2091
Produit lait (M Ar.)	8,6	10,4	10,4
Produit engraissement (M Ar.)	-	2,2	2,2
Consommations intermédiaires élevage (M Ar.)	2,3	2,8	2,8
Marge brute élevage (M Ar.)	6,3	9,8	9,8
Produit cultures (M Ar.)	11,3	11,3	11,3
Fertilisation (M Ar.)	-	**1,1**	**0,6**
Autres consommations intermédiaires	3,5	3,5	3,5
Marge brute cultures	7,8	**6,7**	**7,1**
Rémunération des associés	1	1	**1,3**
Marge nette	14	15	**15**

Tableau 3 : Du scénario de base au scénario de référence : principaux résultats de simulation

La substitution de la poudre de poisson par le tourteau d'arachide abaisse le coût moyen des concentrés de 10 %. Le développement des ateliers lait et engraissement augmente la marge brute d'élevage de 3.5 M Ar. L'augmentation du cheptel de trait permet de modérer la perte de poids par rapport au scénario de base (- 11 kg vs. – 27 kg). Ceci permettrait de pratiquer sans risque d'épuisement un labour en début de saison sèche comme certains agriculteurs le font au Lac Alaotra. La marge brute des cultures baisse en raison des coûts de fertilisation supplémentaires pour couvrir les exportations en N, P et K. Par ailleurs l'augmentation du cheptel et du gabarit moyen des vaches laitières génèrent une hausse des quantités de fumure produite, donc des excédents par rapport à la demande au scénario de base. Selon l'avis du producteur deux modifications non modélisées dans ce scénario sont à réaliser :

- Le nombre de sacs de fourrages récoltés par jour augmente jusqu'à 12 ce qui nécessite l'emploi d'un salarié supplémentaire.
- Les excédents de fumures produites seraient épandus entre parcelles dans les mêmes proportions qu'il pratique actuellement.

Ces observations réactualisent la liste des modifications apportées pour concevoir le scénario de référence (Figure 7). De nouvelles pratiques de fertilisation sont déterminées avec CalculFerti puis rentrées sous CLIFS en même temps que l'emploi d'un salarié supplémentaire pour la collecte de fourrages dans les marais. Le producteur valide alors ce scénario de référence (Tableau 3, ANNEXE J), dans lequel le coût de l'emploi du salarié est compensé par la diminution des engrais chimiques pour un montant de 0,3 M Ar.

→ Phase 3 : « Concevoir des scénarios alternatifs »

Rencontre avec des conseillers et présentation des résultats

Des conseillers agricoles de la région (BRL ont été rencontrés une fois terminée la conception du scénario de référence avec le producteur. Ces conseillers réalisent des suivis auprès d'un grand nombre d'exploitations de la même zone géographique mais dans des situations très différentes. Ils sont ainsi susceptibles d'apporter un regard critique sur le fonctionnement du système étudié et sur les choix réalisés par le producteur.

La discussion des scénarios de base et de référence se focalise sur la mise en valeur du *tanety* existant. Selon les conseillers, l'installation de riz et de maïs sans fertilisant sur un tel sol n'est pas une situation satisfaisante en terme de durabilité :

- ce sont des cultures exigeantes en éléments minéraux et en main d'œuvre
- leur niveau de production reste faible comparé à celui des rizières
- l'autoconsommation du maïs n'est pas très intéressante économiquement en raison des prix bas rencontrés sur le marché (400 Ar./kg). Mieux vaut donc produire d'autres cultures plus rentables comme l'arachide ou le pois de terre.

Selon l'avis des techniciens, les techniques de semis sous couvert (SCV, ANNEXE H) seraient adaptées pour de tels sols. Ces systèmes de culture permettraient également de produire des cultures fourragères ayant une meilleure valeur alimentaire que les herbes récoltées dans les marais. Néanmoins, l'exploitation de la couverture doit-être raisonnée de manière à pérenniser le système de culture, ce qui contraint à définir une production exploitable inférieure à la production de biomasse aérienne.

Simulation de scénarios alternatifs au scénario de référence

Lors de la conception des scénarios de base et de référence, le producteur avait souligné les contraintes en travail pour la récolte de fourrages de marais. L'implantation de *brachiaria* et de *stylosanthè*s sur le *tanety* existant proche de l'exploitation allègerait ces contraintes. De plus leur insertion dans les rations l'avait intéressé lors de journée organisée sur Ambatondrazaka. Toutefois, cet avantage était jugé insuffisant par rapport à un investissement qui ne rapporterait qu'en saison humide.

Suite à l'entretien avec les techniciens, la conception de scénarios alternatifs poursuit un double objectif : i) une production laitière plus efficiente en insérant des cultures fourragères, ii) une diminution des coûts de main d'œuvre en saison humide. Le développement des cultures fourragères au sein de l'exploitation P est ainsi envisagé de deux manières ; avec ou sans possibilité de louer des terres de *tanety* supplémentaires. Pour le producteur, la location de terres est effectivement envisageable mais dépend des opportunités à saisir pendant la période de soudure.

Un premier scénario vise à déterminer l'intérêt d'un affouragement uniquement à base de cultures fourragères pendant la saison humide. Il est conçu comme indiqué dans la Figure 9, le processus étant initié par le scénario de référence : 1) En saison sèche, les rations du scénario de référence à base de fourrages de marais restent la seule alternative possible. Pour

la saison humide, des rations à base de *Brachiaria* et *Stylosanthès* ont été définies avec le producteur lors de la journée sur Ambatondrazaka, 2) ces rations sont rentrées dans CLIFS pour simuler les besoins mensuels en *Brachiaria* et *Stylosanthès* (Figure 12), 3) la surface des soles fourragères est déduite à partir d'une estimation des rendements en fourrage et du rythme d'exploitation des cultures fourragères[13], 4) la disponibilité mensuelle des cultures fourragères est déduite de CLIFS, 5) elles permettent de réajuster les rations avec les fourrages de marais en se servant de CalculRation pour trouver les nouvelles productions permises. Ces rations sont ensuite réintégrées sous CLIFS.

L'intégration du système fourrager se conçoit au niveau exploitation par la mise en place de nouveaux systèmes de culture. La reprise de propositions des techniciens permet d'imaginer l'implantation progressive des surfaces nécessaires moyennant la location de 3 ha de *tanety* supplémentaires (Tableau 4). Ces SCV sont stabilisés dès 2014. Ils permettraient une production de maïs d'environ 700 kg sur 0,5 ha et sur une superficie identique du manioc (7 t/ha) et de l'arachide (400 kg). Une fois le système de production configuré, les fertilisations de ces nouvelles situations culturales sont calculées avec CalculFerti pour l'année du scénario de référence (2016), en estimant que le producteur réserverait toujours la fumure organique pour les rizières.

Surface	Tanety existant							
Année	0,5 ha	0,5 ha	0,5 ha	0,5 ha	0,5 ha	0,5 ha	0,5 ha	0,5 ha
2011	B+A	M+S	+ 1 ha loué					
2012	B	S	B+A	M+S	+ 1 ha loué			
2013	B	S	B	S	B+A	M+S	+ 1 ha loué	
2014	B	Maïs + S	B	S	B	S	B+A	M+S
2015	B+A	M+S	B	Maïs + S	B	S	B	S
2016	B	S	B+A	M+S	B	Maïs + S	B	S

Tableau 4 : Mise en place des systèmes de culture SCV pour le scénario « avec location » (2016), assolement stable à partir de 2014. NB. : B : Brachiaria ruziensis, A : Arachide, S : Stylosanthès guianensis, M : Manioc. B et S sont toujours prélevés pour l'alimentation du troupeau excepté S lorsqu'il est installé avec du manioc (M+S).

Un second scénario se base sur l'impossibilité de louer des terres de *tanety* supplémentaires. Il vise à déterminer l'intérêt d'un changement de valorisation du *tanety* existant ; abandonner la culture du riz et du maïs au profit de l'affouragement du troupeau. Le processus de configuration du système fourrager est conduit de façon similaire à celui décrit en Figure 12.

.

Les surfaces nécessaires sont estimées à partir des proportions *Stylosanthès/Brachiaria* recommandées et du fait que le *Stylosanthès* n'est pas exploitable l'année de son implantation. La simulation sous CLIFS donne les quantités disponibles pour l'alimentation des animaux[14]. Dans CalculRation, elles permettent de substituer en partie les fourrages de marais des rations du scénario de référence. Le scénario est finalisé sous CLIFS à partir des rations ainsi définies et des fertilisations des nouvelles situations culturales avec CalculFerti.

[13] Avis des techniciens d'AVSF, fiches techniques, rapports d'étudiants

[14] Les productions disponibles ont été revues à la baisse (estimations de 50 à 80% de la biomasse produite selon les espèces et le taux de recouvrement), présentation de Naudin

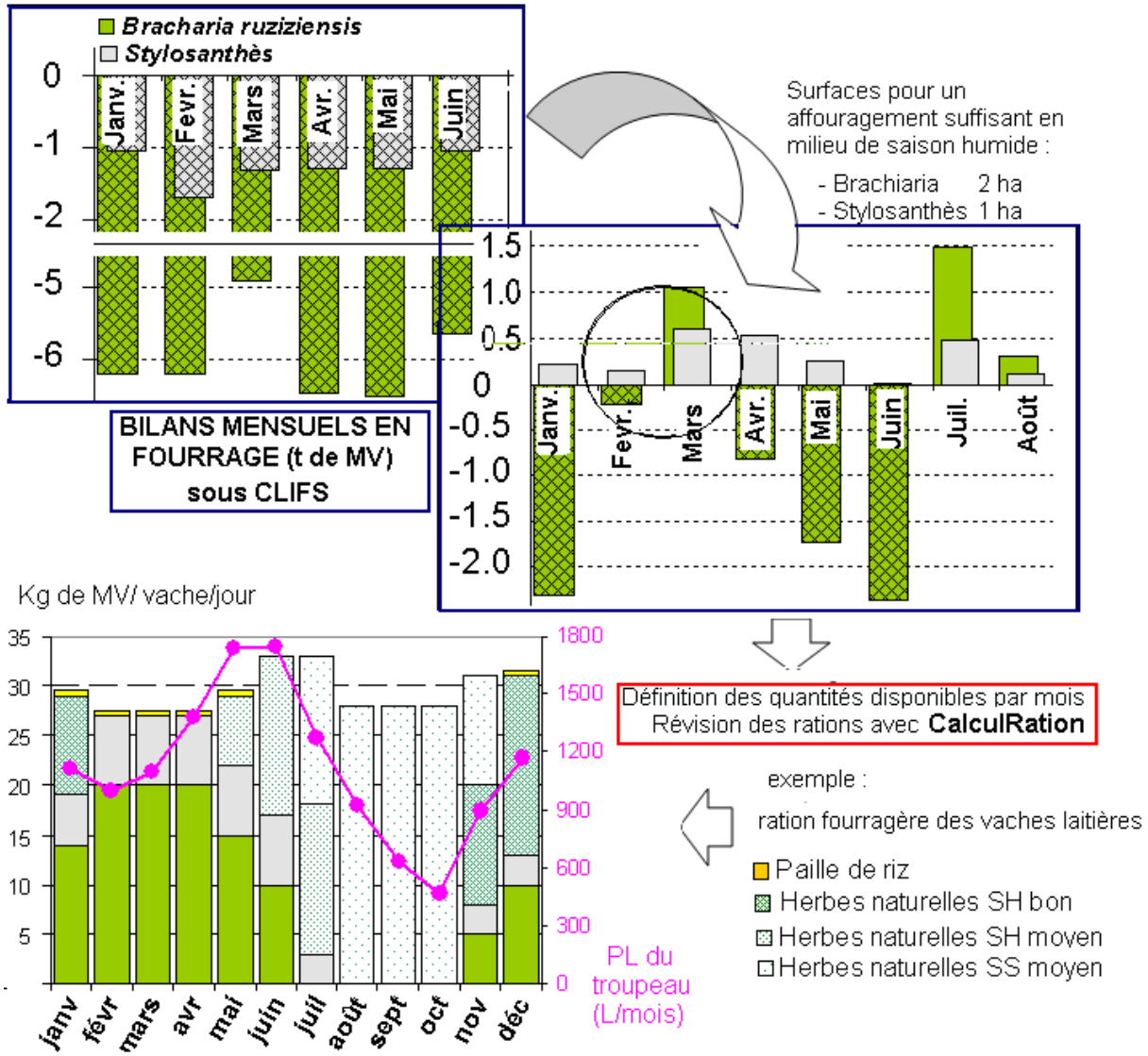


Figure 12 : Configuration d'un système fourrager (surfaces et ration) pour le scénario « Avec location » - PL = production laitière ; MV = matière verte ; SH = saison humide ; SS = saison sèche

Soumission des propositions auprès du producteur

La présentation des scénarios au producteur se base sur quelques comparaisons par rapport au scénario de référence (Tableau 5). Dans le scénario « Location » (ANNEXE K), le passage à des rations entièrement à base fourrages cultivés induit une légère augmentation de la production laitière (+ 150 L de lait commercialisable par vache par an). Avec un faible coût du concentré, l'activité d'élevage obtient ainsi la meilleure rentabilité des 3 scénarios présentés. En revanche, ce scénario présente la plus faible marge brute des productions végétales en raison de l'importance des cultures fourragères dans la sole. Elles engendrent des dépenses importantes en fertilisants et ne participent pas au produit de l'atelier[15].

	Scénario de référence	Scénario ''Location''	Scénario ''Sans location''
Production lait moyenne/vache/j	29	31	29
Production commercialisée L/vache/an	2 091	2 241	2 121
Coût moyen concentré (Ar/kg)	401	385	441
% maïs produit	17%	24%	0%
Marge brute élevage (M Ar.)	9,85	10,66	9,80
Retour sur investissement	*3,6*	*3,9*	*3,3*
Marge brute cultures (M Ar.)	7,09	5,56	7,09
Retour sur investissement	*1,7*	*0,8*	*1,6*
Coût de fertilisation (M Ar.)	*0,66*	*1,90*	*0,92*
Marge Nette (M Ar.)	15,03	14,30	14,97

Tableau 5 : Comparaison des scénarios alternatifs et du scénario de référence

Le scénario « Sans location » (ANNEXE L) se distingue du scénario de référence par sa mise en valeur des *tanety*. L'abandon de la culture de maïs au profit du manioc et de l'arachide a pour effet une hausse du coût moyen du concentré. La vente de l'arachide et du manioc excédentaire compensent les charges de fertilisations supplémentaires occasionnées par les cultures fourragères. Les proportions modestes de ces cultures dans les rations conduisent à une faible progression des performances de lactation (+ 30 L commercialisables/vache/an).

Au final, les trois scénarios présentent des marges nettes du même ordre. Pour le producteur, le scénario « sans location » semble le moins intéressant. Sans amélioration sensible de la production laitière, il implique une récolte de fourrage en vert sur deux sites différents. L'idée d'un changement de mise en valeur du *tanety* ne l'intéresse pas trop. Il cherche davantage à sécuriser la production de son atelier laitier, notamment en produisant une partie du maïs. Avec le scénario « Location », il réalise que l'installation de cultures fourragères sur des surfaces supplémentaires pourrait jouer en ce sens sans trop pénaliser le résultat d'ensemble de l'exploitation. Il conforte cette idée en suggérant que le coût de location a pu être surestimé d'environ 50 000 Ar./ha dans le scénario. Pour finir, suite à sa demande nous lui avons fourni une documentation sur les aptitudes des cultures fourragères et leurs modalités de mise en culture.

L'introduction de techniques SCV dans les scénarios proposés a surtout intéressé le producteur pour sa fonction de production de fourrage pour le troupeau laitier. Mais il est vrai que les intérêts éventuels de ces techniques sur la gestion de la fertilité des sols n'ont pas été pris en compte avec CalculFerti.

[15] A ce titre les cultures fourragères pourraient-être considérées comme un intrant de l'atelier production animale. Ici elles font partie intégrante de systèmes de cultures SCV avec des cultures commerciales.

5.2.2 Contribution des deux autres cas à la démarche d'accompagnement

Nous avons conduit la même démarche d'accompagnement auprès de deux autres producteurs, dont une seule dans son intégralité (cas H).

→ Sur l'aspect organisationnel des phases de conception de scénarios

A l'inverse de l'exploitation P ou de l'exploitation S, la conception du scénario de base du cas H ne permet pas d'élaborer facilement un scénario de référence. L'exploitation ne comporte presque aucune composante de l'atelier vache laitière, tel que le conçoit le producteur. Sans une base réellement expérimentée par celui-ci, nous devons donc étudier point par point la composition du troupeau laitier, son dimensionnement, les différentes pratiques d'élevage (gestion de la reproduction, de l'alimentation, sanitaire), la commercialisation ainsi que l'ensemble des investissements à prévoir (notamment pour les bâtiments d'élevage).

La situation actuelle offre de nombreuses possibilités de configuration pour cet atelier lait. Le producteur s'est déjà informé sur différentes techniques envisageables mais qui ne sont pas ou peu pratiquées dans la zone. En particulier, conscient des problèmes d'affouragement fréquemment rencontrés au lac pendant la saison sèche, il souhaite produire du foin à partir de cultures fourragères. Par ailleurs, il entreprend de démarrer très prochainement la construction d'un bâtiment d'élevage pour lequel il souhaite avoir des plans.

L'ensemble de ces préoccupations soulevées dès la conception du scénario de référence a nécessité l'aide des conseillers techniques dès cette phase pour évaluer la faisabilité des projets. Après avoir approché les bases du rationnement et testé différents fourrages pour atteindre un objectif d'environ 3000 l/vache/lactation, nous avons organisé un séjour sur Ambatondrazaka avec le producteur :

- la visite de deux bâtiments d'élevage pour vaches laitières a alimenté la réflexion sur la conception du prochain bâtiment de l'exploitation, avec à l'appui des photos et des plans des bâtiments visités. Cette étape a remis en cause l'idée initiale d'un bâtiment « en dur ». La comparaison des deux structures a plutôt orienté l'éleveur vers un bâtiment de type logette avec des matériaux traditionnels (armature en bois, toit de chaumes). Cette option présentait l'avantage d'une très bonne aération, d'un paillage économique et représente un investissement modéré. Enfin, un tel ouvrage peut-être plus facilement maitrisé par les artisans locaux qu'un bâtiment d'élevage « en dur », très peu répandu dans la zone.
- Une réunion avec les techniciens de la zone a permis de voir les possibilités et les modalités de mise en culture des espèces fourragères retenues lors de la définition des rations. Muni d'une carte de son parcellaire, l'exploitant H a pu exprimer les contraintes liées à chacune de ses parcelles et rediscuter les suggestions des techniciens

La participation du producteur à la réunion avec les conseillers techniques a permis de valider directement les alternatives proposées dans le cadre de la dernière phase de la démarche. Ici, la discussion des points techniques pour lesquels le producteur s'interrogeait a conduit à choisir ensemble les solutions les plus adéquates pour le scénario de référence. En particulier, ce scénario inclus une originalité pour la zone : l'installation de *chloris* sur 2 ha de rizières pour produire du foin. En cas d'échec des techniques de fenaison, cette option offre la possibilité d'une production de fourrage pendant la saison sèche grâce à l'irrigation.

La discussion sur les alternatives au scénario de référence ont plutôt porté sur une question de dimensionnement. Au vu des faibles quantités de fumure disponibles par hectare de riz et des

bas rendements (2 t/ha en moyenne), les conseillers proposaient de se centrer sur l'amélioration d'une partie des rizières et de louer l'autre partie.

→ Sur l'articulation ration/fertilisation et [animal, culture] /exploitation

Contrairement à l'intervention conduite avec l'exploitation P, les deux autres cas se sont davantage centrés sur la gestion de la fumure organique produite.

L'exploitant H exprime clairement un objectif de développement du troupeau laitier. Actuellement, il ne parvient pas à couvrir l'ensemble de ses besoins en fumure alors qu'il ne pratique qu'un épandage sur les pépinières du riz (soit une demande d'environ 15 t de fumier au total). Le choix du bâtiment pour le troupeau laitier de type « logette » implique un paillage modéré, de l'ordre de 1,5 kg/vache/j. L'exploitant H possède déjà une fosse de stockage pour la fumure et souhaite en construire une seconde pour stocker l'intégralité de la fumure. Dans ces conditions, un troupeau de 5 vaches laitières et leur suite pourraient produire l'équivalent d'environ 72 charrettes de fumier.

Les besoins pour le paillage et les rations préalablement définies avec CalculRation permettent de déterminer les exportations en paille de riz nécessaires avec CLIFS. Ces exportations sont reprises dans CalculFerti pour définir les fertilisations (Tableau 6). Ici, le fumier est produit de manière insuffisante pour combler seul les exportations minérales des 14 ha de riz avec un rendement moyen de 2 t/ha (i.e., le rendement actuel).

Dans le cadre d'un scénario alternatif incluant la mise en location d'une partie des rizières, nous cherchons avec le producteur et l'aide des techniciens sur quelle surface intensifier la production de riz à moindre coût. Une première étape vise à définir un rendement potentiel de 3 t/ha en fonction des aptitudes culturales du milieu. Selon les conseillers, la réalisation d'un tel objectif passe nécessairement par le redressement du taux de matière organique. Dans les fertilisations proposées, il conviendrait d'apporter au moins une douzaine de charrettes/ha de fumure organique. Ainsi, la production de fumure de l'exploitation permet de se concentrer sur 6 ha. Les exportations de pailles pour couvrir la demande du troupeau sont calculées à l'aide de CLIFS. Elles servent ensuite à déterminer une fertilisation adéquate avec CalculFerti (Tableau 6).

Situation culturales		**Référence : Riz 14 ha** (sans location)	**Alternatif : Riz sur 6 ha** (mise en location de 8 ha)
Rendement (t/ha) *(% paille exportée)*		2 *32 %*	3 *50 %*
Quantité apportée par ha	Fumier frais	5 charrettes	14 charrettes
Correction par ha	Engrais 10 – 10 – 13 Urée	25 kg 50 kg	0 kg 70 kg

Tableau 6 : Fertilisations pour couvrir les exportations du riz de l'exploitation H

Avec l'exploitant S, le point d'entrée du scénario de référence est la fertilisation des cultures à la différence des exploitants P et H initialement plus intéressées par des questions d'alimentation des vaches laitières.

L'objectif principal du producteur est d'accroitre les superficies de cultures maraichères en contre saison (c'est-à-dire exploiter la totalité des 0,95 ha de *baiboho* disponibles). Outre l'extension de ces surfaces, le nombre de vaches laitières passe de 3 en 2010 à 1 en 2011 (en raison de 2 réformes) puis pourrait revenir à 3 en 2016 grâce au croît naturel. Selon l'année des scénarios simulés avec CLIFS (2011 ou 2016), le bilan en fumure organique diffère. A l'inverse des cas S et P qui cherchaient une autonomie en fumure organique, l'exploitant S

tolère qu'une partie du fumier soit achetée. A partir de ce point, l'idée est de voir s'il serait intéressant d'étendre les surfaces de contre-saison dès 2011 alors que la quantité de fumure produite diminue. Par ailleurs, l'augmentation des cultures maraichères associées à la vesce et la diminution du troupeau augmentent la disponibilité de fourrage pour les rations. La conception du scénario de référence implique alors des ajustements successifs des ateliers d'élevage et des cultures (Figure 13).

Comme dans le cas P, nous corrigeons les fertilisations du scénario de base pour qu'elles couvrent en théorie les exportations. L'extension des surfaces cultivées en contre-saison et la diminution du troupeau (A) provoquent un déficit en fumier. Cette diminution du troupeau engendre des excédents de paille dans la mesure où le taux de prélèvement du scénario de base est conservé. La correction des prélèvements de paille (B) modifie les exportations en N-P-K du riz et par conséquent, les quantités de fertilisants à apporter pour cette culture. Les nouvelles fertilisations du riz définies avec CalculFerti modifient le bilan fumure, lequel est ajusté avec la surface cultivée en contre-saison (C). Le passage de 3 vaches à 1 augmente les quantités d'aliments disponibles pour la vache restante. Cela permet de couvrir un objectif de production laitière supérieur à celui du scénario de base (D). Si cette révision des rations impactait le bilan en pailles, nous aurions pu corriger les exportations de paille, donc réajusté les fertilisations, puis éventuellement la surface cultivée en contre saison.

Le processus d'élaboration du scénario de référence est conduit moyennant une succession de révisions. Si d'autre changements majeurs interviennent au cours du processus (ex : produire du maïs ensilage), ils initient la construction d'un autre scénario à partir du scénario de référence.

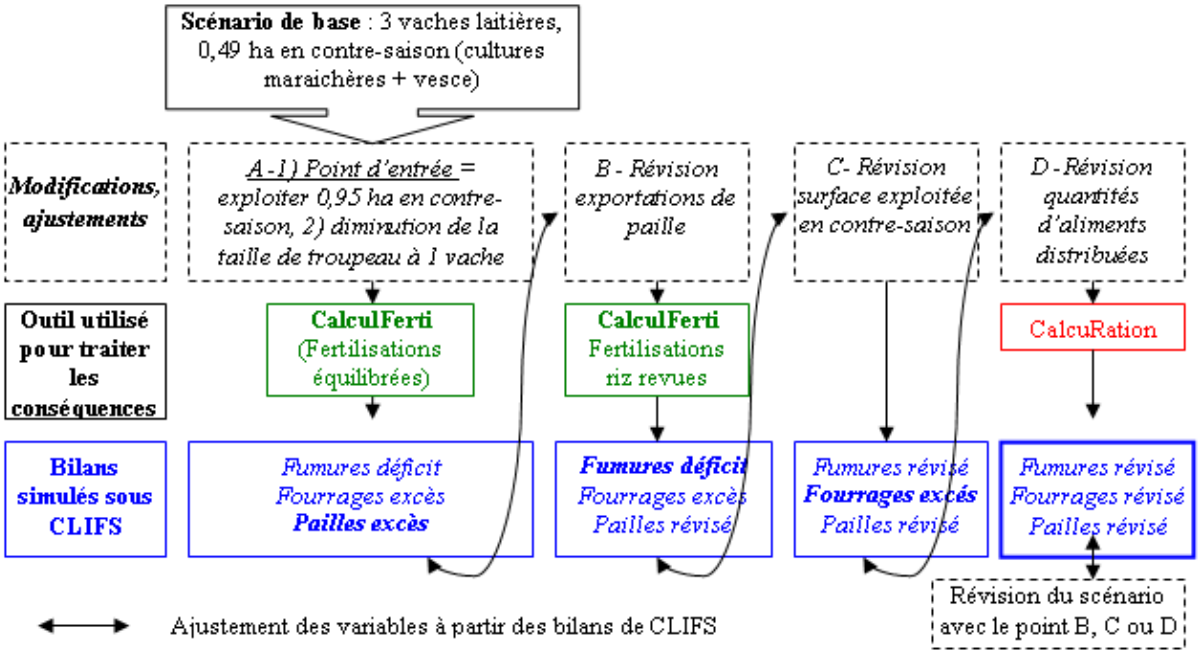


Figure 13 : Processus de conception du scénario de référence avec le producteur S

6. Intérêts et limites de la démarche d'accompagnement

6.1. Des outils articulés pour favoriser l'apprentissage

Dans les exploitations ciblées, l'ensemble des réflexions aux niveaux opérationnel, tactique et stratégique sont portées par un seul producteur, voire par sa famille. Seul à la tête de son entreprise, il privilégierait une réflexion sur des évolutions locales de son exploitation, avant d'entamer une remise en cause plus globale (Attonaty et Soler, 1991). Dans l'étude, certains projets de production des exploitations de polycultures-élevage étudiées ne touchaient initialement qu'une de leur composante sans que les relations avec d'autres ne soient forcément considérées. L'éleveur P concevait une amélioration du niveau de production de son troupeau sans changement majeur du fonctionnement de son exploitation agricole. Sur le plan opérationnel étudié avec CalculRation, le plus gros gabarit des vaches s'accompagne d'une élévation de leur capacité d'ingestion et d'une augmentation des apports de fourrages supérieure à celle attendue. Au niveau stratégique, cette modification se traduit par l'emploi d'un salarié supplémentaire pour la collecte quotidienne des fourrages. A travers la démarche, le producteur identifie les niveaux de décisions sur lesquels il intervient et l'évolution des relations entre ces niveaux.

Le processus de conception de scénario favorise l'apprentissage des relations au sein du système de production car, de par la nature des outils mobilisés, amène à passer par des aller-retour de discussion entre : i) la conduite de la fertilisation ou de l'alimentation propre à un atelier technique pour atteindre un objectif de rendement végétal ou animal, ii) la coordination des ateliers une fois dimensionnés à l'échelle de l'exploitation, qui se traduit sous CLIFS par les bilans simulés, iii) l'évaluation des résultats économiques qui amènent à réfléchir à des changements de stratégie.

Cela s'est traduit en pratique par une série plus ou moins longue d'itérations entre les outils de simulation. Le nombre de manipulations varie selon la complexité des systèmes étudiés, c'est-à-dire selon le nombre de processus de production et leurs liens (par exemple dans le cas S, les cultures fourragères concurrence les cultures commerciales pour la fumure organique, contrairement aux cas P et H qui n'emploieraient du fumier que pour le riz). Il varie surtout en fonction de la réaction du producteur face aux différents bilans simulés :

- soit il ne souhaite rien changer à ses pratiques et s'accommode des achats simulés,
- soit il juge que les quantités déficitaires sont impossibles à se procurer ou au contraire ne sont pas contraignantes parce qu'elles sont gratuites (paille de riz),
- soit il juge les achats selon leur impact sur la performance économique de l'exploitation et cherche à adapter sa stratégie pour améliorer le revenu.

La mise en œuvre de la démarche auprès des 3 producteurs suggère qu'au moins deux situations de conceptions de scénario sont à envisager. Dans un premier cas la démarche se focalise sur un atelier technique de l'exploitation presque indépendamment du reste de l'exploitation. Par exemple, lorsque des ressources ne sont pas limitantes, elles permettent d'envisager des changements techniques locaux (ex: l'exploitant H pensait installer des cultures fourragères sur ses sols de *tanety* encore non-exploités, sans concurrencer la riziculture).

Au contraire, lorsque le processus tourne autour de la recherche d'une coordination entre ateliers satisfaisante pour le producteur (cas de l'exploitant S), la démarche multiplie les ajustements de scénario à l'aide des différents outils. Elle peut se heurter à des difficultés organisationnelles s'il s'avère difficile de conduire ces ajustements successifs directement

avec le producteur[16], auquel cas il faut trouver une autre méthode. Une possibilité consisterait à identifier les variables de contrôle du producteur et leur domaine de variation par rapport à ses objectifs durant les premières phases de conception. Dans ce cadre défini, l'intervenant pourrait tenter de réaliser lui-même les ajustements et soumettre au producteur un ou plusieurs scénarios à discuter.

Sans instrumentaliser le concept de modèle d'action (Cerf et Sebillote, 1997), la démarche permet de réfléchir aux emboîtements des niveaux de réflexion grâce à l'articulation des outils. Pour un tel résultat, il n'est pas nécessaire d'expliciter l'ensemble des règles de décision du producteur. Il s'agit plutôt de concevoir des systèmes de production par tâtonnements successifs entre les horizons décisionnels pour favoriser la réflexion sur ces règles de décision, en particulier celles qui sont à l'origine des variables d'entrées saisies dans les différents outils.

6.2. Pour aller plus loin dans la démarche : le traitement du risque

La démarche permet de réfléchir à des combinaisons de décisions virtuelles répondant aux questions que se pose le producteur. Mais les pistes auxquelles on réfléchit sont-elles susceptibles de tenir sur le long terme ? Autrement dit, la conception de système de production devrait aborder la notion de risque. Cet effort pourrait-être réalisé lors par exemple de la définition des rendements selon différents scénarios climatiques. En cas de situation climatique défavorable, le producteur pourrait préfèrerait s'accommoder d'une baisse des rendements plutôt que de remettre en cause tout son mode de conduite. Dans cette perspective, il faut voir si les changements envisagés dans un système de production permettent de définir un pilotage assez flexible en simulant différents risques.

D'un point de vue opérationnel, la simulation d'un rendement avec CalculFerti repose uniquement sur la couverture des exportations en N, P et K par hectare de culture. La nature des fertilisants, l'itinéraire technique et le niveau de rendement choisis sont l'objet d'une discussion préalable avec les experts locaux. La conception des systèmes de culture (dont on ne représente qu'une partie avec les outils disponibles) pourrait intégrer une pré-évaluation sous la forme d'une confrontation des choix à simuler face à une série de risques biotechniques. La variété des situations culturales parfois rencontrées à l'échelle d'une seule exploitation peut-être un obstacle à l'évaluation, qu'on pourrait contourner à l'aide ne bibliothèque de situations culturales régionales types en fonction du climat.

Du point de vue tactique et stratégique, CLIFS n'offre pas vraiment d'options pratiques pour tester le risque économique (variation du prix des intrants et des ventes). Le logiciel de simulation budgétaire Olympe (Penot et Deheuvels, 2007) offre ces possibilités et permet d'envisager une complémentarité avec les outils de simulation de la démarche dans le cadre d'un protocole de traitement du risque économique et biotechnique à l'échelle de l'exploitation.

[16] Contrainte temporelle (longueur du processus d'ajustements) et logistique (électricité) pour le fonctionnement du matériel informatique

6.3. La reprise de la démarche par le conseil

Au Lac Alaotra, l'ingénieure recrutée par le projet PEPITES poursuivra la démarche d'accompagnement auprès des producteurs de l'échantillon sélectionné initialement. La phase de transmission dans le cadre de l'accompagnement de l'exploitant S a contribué à l'évolution des outils. Une réorganisation des modules dans CLIFS facilite à présent la saisie des données. D'autre part, la transmission au conseil suggère que le déroulement de la démarche peut être modifié. La connaissance experte locale du conseiller et/ou une relation agriculteur/conseiller à sens unique pourrait compromettre la phase d'approche de l'exploitation et de conception du scénario de base. L'intervenant et le producteur pourraient ne pas voir l'intérêt d'interagir autour des pratiques actuelles de l'exploitation et des objectifs qui les sous-tendent. Cette phase est fondamentale et cruciale dans la mesure où (i) elle est l'occasion d'introduire les principes et les objectifs de la démarche, (ii) elle doit aboutir à un scénario de base à partir duquel envisager des changements à inclure dans le scénario de référence, (iii) elle doit instaurer la confiance entre le producteur et le conseiller pour stimuler les échanges. La connaissance des exploitations de polyculture-élevage de la zone et les liens culturels entre personnes représentent au contraire des atouts pour repérer et discuter les interactions essentielles entre les composantes de l'exploitation.

Hors du dispositif expérimental, le conseil doit pouvoir reprendre la démarche et l'appliquer auprès de producteurs porteurs d'un projet et demandeurs d'une aide à son développement. Il n'est pas évident que pour une organisation de conseillers cette démarche soit intéressante et réalisable par rapport aux moyens qu'elle exige de mettre en œuvre. La formation à la démarche, la durée du processus (au minimum 4 à 5 visites à prévoir) et les coûts logistiques (déplacement, équipement informatique) pourraient limiter le nombre de producteurs avec qui démarrer un accompagnement. Ce type de conseil individualisé est néanmoins susceptible d'avoir une portée plus large via les échanges au sein des communautés de producteurs. En outre, indépendamment du conseil individuel, d'autres utilisations des outils sont envisageables.

6.4. Autres perspectives d'utilisation des outils

6.4.1 Dans le cadre de formations collectives

Dans le cadre de la démarche, les outils CalculRation et CalculFerti ont servi comme moyen (i) d'introduire les principes de rationnement des animaux et de fertilisation des cultures et (ii) de définir les combinaisons techniques permettant d'atteindre une certaine productivité. La simulation a permis d'explorer point par point l'effet de certaines opérations vis-à-vis de la production (par exemple la distribution de fourrages plus ou moins encombrants pour illustrer la notion d'encombrement). Dans cette optique, il s'agit d'employer les modèles pour former les producteurs à certaines connaissances sur les processus biotechniques. Par exemple, la simulation d'alimentation plus ou moins encombrante s'accompagne d'une discussion sur les risques métaboliques selon la fibrosité des rations.

Hors du cadre de la démarche d'accompagnement, ces outils de simulation à l'échelle parcelle ou animal représenteraient des supports pédagogiques dans le cadre de formations collectives auprès des producteurs comme ce fut le cas au Maroc (Paul, 2008). Le traitement de questions opérationnelles doit-être relié aux choix tactiques ce qui pourrait déboucher en pratique sur des propositions volontaires individuelles de ration à tester en groupe.

Un tel conseil collectif peut alimenter la réflexion des producteurs sur l'évolution de leur système de production. Il peut aussi favoriser la mise en place de collectifs entre producteurs.

Dans le contexte du Lac Alaotra, un appui technique et organisationnel auprès des éleveurs serait de première nécessité pour initier la structuration et le développement de la filière laitière (Samad Hussein, 2009).

6.4.2 Dans le cadre de travaux de recherche

La démarche permet aux producteurs de réfléchir aux questions qu'ils se posent sur la gestion de leur système de production, mais aussi aux intervenants de mieux comprendre une exploitation agricole. A cette échelle, la recherche d'une meilleure efficience repose sur l'identification de leviers d'action envisageables lors de la conception de scénario. A travers ce processus, l'utilisateur peut repérer les composantes clés pour le producteur lorsqu'il souhaite mettre en place des innovations. La discussion et la comparaison des scénarios pourraient faire émerger des éléments non-modélisés mais décisifs pour l'adoption d'une nouveauté (perceptions locales, croyances, etc.). En ce sens, la démarche d'accompagnement permet de fournir des éléments *ex-ante* sur l'intérêt d'une innovation en milieu paysan et les déterminants des positions des producteurs. Ici par exemple, le désintérêt des exploitants P et S pour l'installation de cultures fourragères en saison humide semblait provenir à la fois de la préférence pour la culture du riz, même sur sols pauvres, et du système de collecte d'herbes bon marché (un collecteur est employé pour environ 200 000 Ar./an).

Face à la diversité de situations rencontrées et vue l'envergure régionale des actions de développement entreprises dans le cas du Lac Alaotra, les typologies élaborées pourraient être mobilisées. L'idée serait de voir si les critères retenus par type permettent de retrouver une homogénéité des modes de gestion (Cerf et Sebillote, 1997). Pour confirmer cette hypothèse de conformité, des conseillers formés à la démarche d'accompagnement individuelle la mettraient en œuvre avec quelques éleveurs porteurs de projet mais dans des situations types contrastées. Une telle étude servirait à discuter la pertinence des clés typologiques par rapport leur utilisation en situation de conseil auprès d'un ensemble d'exploitations, en particulier par rapport à la manière dont on introduit une technique innovante. Par exemple, les agro-éleveurs d'une situation semblable au producteur H manifestent-ils le même désintérêt par rapport à l'introduction de techniques SCV ? Si c'est le cas, quelles pourraient-être les mesures à adopter dans le cadre d'un projet de diffusion de ces techniques ?

Par ailleurs, l'utilisation de références biologiques et techniques fait partie intégrante de la démarche pour décrire un processus de production. Dans le contexte d'une exploitation agricole, la démarche fait ainsi apparaître des connaissances biotechniques nécessaires au binôme producteur-intervenant lorsqu'ils conçoivent un système de production. En l'occurrence, il nous était difficile de définir les modalités de culture et de production des plantes fourragères (rendement, courbe de pousse, prélèvement de biomasse autorisée pour un système SCV, effet d'une association de cultures sur la fertilisation, etc.) même si quelques études commencent à être publiées pour le Lac Alaotra.

L'ensemble de ces questions renvoient à l'articulation des connaissances biophysiques, techniques et décisionnelles (Le Gal et al., 2010a) vis-à-vis des modèles développés, supports de la réflexion avec le producteur. Quel compromis doivent-ils réaliser pour préserver cette fonction et représenter suffisamment bien les processus de production ?

6.5. Evaluation des outils et voies d'évolution

La nécessité de structurer l'information pour favoriser la réflexion entre les horizons décisionnels est déterminante pour passer d'un outil à l'autre et conduire efficacement la conception d'un scénario. Pour les productions animales, les modèles se basent sur la

définition d'un animal moyen. Ce choix n'est pas apparu problématique lorsqu'un ensemble d'animaux exprimaient des besoins alimentaires similaires à un instant t (bœufs de trait, bœufs d'embouche). Par contre, dans le cas de vaches laitières en production, la notion de "vache moyenne"[17] ne parait pas toujours adaptée à la diversité des individus du troupeau, à la répartition des vêlages dans l'année et aux diverses conduites que peut adopter l'éleveur. Pour les productions végétales, le concept de situation culturale semble adapté mais pas évident à formaliser. La démarche avec le producteur H montrait qu'une carte du parcellaire s'avérait très utile pour (i) définir les situations culturales de l'exploitation, (ii) discuter l'allocation des ressources entre ces situations, notamment celle de la fumure organique.

Les améliorations des modèles devraient se donc prolonger dans le cadre de la gestion de production[18] (Dedieu et al., 2008) et porter sur la notion d'entité de gestion, en particulier sur la notion de lot d'animaux. Mieux rendre compte de ce que manipulent les producteurs pour organiser leur production et ajuster leurs décisions favoriserait l'interaction avec l'intervenant et donc l'efficacité de la démarche.

Les outils informatiques conçus dans le cadre de cette démarche sont clairement orientés pour accompagner le producteur dans ses réflexions sur l'évolution de son exploitation. A ce titre, il serait incohérent de mobiliser des outils purement destinés à la recherche. Une autre expérience de modélisation de l'exploitation polyculture-élevage (Wijk et al., 2009) a pu montrer que par rapport à la performance d'un système de production, il valait mieux améliorer la modélisation des interactions entre composantes, plutôt que leur précision individuelle. L'intégration de modèles plus précis des processus biotechniques en jeu dans l'exploitation nécessiterait la collecte de variables supplémentaires alors qu'il est parfois difficile de collecter celles qui semblent les plus élémentaires (par exemple la production de lait, le rendement). Par ailleurs, les variables de sorties de ces modèles ne seraient pas forcément des indicateurs pertinents pour le producteur (Le Gal et al., 2010a). Dans notre cas, les modèles CalculFerti et CalculRation reposent sur une représentation frustre du processus de production. Ils ne considèrent qu'une partie des facteurs d'ordre nutritionnels, par rapport à la réalisation d'une production. C'est au cours de la discussion pour laquelle ils servent de support que le producteur et l'intervenant discutent d'autres variables non modélisées mais essentielles pour définir les modalités opératoires au sein d'un processus de production (par exemple, le type d'un bâtiment d'élevage pour définir les modalités de paillage des animaux).

A ce stade, notre démarche semble en accord avec les conclusions de Wijk et al.. Il faudrait toutefois pouvoir s'assurer que les variables calculées au niveau d'un processus de production soient assez précises pour représenter correctement les interactions entre composantes (Thornton et Herrero, 2001). Une analyse de sensibilité permettrait d'identifier parmi les variables présentes, celles dont les variations impactent le plus les sorties du modèle et qui doivent ainsi être mieux estimées en amont du modèle.

Par ailleurs, certaines variables ne sont pas prises en compte tant à l'échelle animal et culture (par exemple, la prise en compte du taux de carbone dans le sol dans la détermination de fumures avec CalculFerti), qu'à l'échelle exploitation (CLIFS ne représente pas l'organisation du travail). Le premier point peut-être traité par une validation à dire d'experts. L'évaluation de la représentation de l'exploitation reposera essentiellement sur l'adéquation de l'outil aux besoins qu'exprimeront les producteurs et les conseillers durant la démarche.

---

[17] CLIFS et CalculRation distinguent 12 vaches laitières possibles qui ont tous des paramètres identiques (ration fourragère poids, potentiel génétique, intervalle vêlage-vêlage) sauf un mois de vêlage (donc un stade physiologique) et une distribution de concentré spécifique.

[18] « La gestion de production a pour objet la recherche d'une organisation efficace de la transformation des ressources productives en biens alimentaire et en service » (Aubry et al., 1998 cité dans Dedieu et al., 2008)

6.6. Adaptations des moyens mis en œuvre pour répondre à la problématique

Le processus de construction des outils de simulation devait déboucher sur la production de supports qui permettent d'alimenter efficacement la réflexion des producteurs. Le caractère participatif constitue l'essence de la démarche et l'intérêt qu'y trouvent les producteurs joue un rôle moteur. En ce sens, la démarche aboutie avec les producteurs P et H s'est avéré efficace mais leur comportement fût assez divergent et permet de nuancer cette efficacité en fonction de la longueur et de l'approfondissement de l'accompagnement.

Les facteurs linguistique, logistique et culturel peuvent-être des freins à la démarche. Les deux premiers pourraient-être levés dans le cadre d'une reprise par les conseillers locaux. Dans ce cas, la conception des outils informatiques devrait inclure un travail sur l'interface pour favoriser l'interaction avec le producteur (traduction en malgache entre autres). Pour lui, l'introduction de ces outils a nécessité parfois un temps de familiarisation et n'a pas toujours été aisée dans les conditions logistiques de l'exploitation. On pourrait s'en affranchir en menant une réflexion sur d'autres supports (papiers, etc.). Les résultats de CLIFS pourraient par exemple être présentés à l'aide d'une maquette physique comportant des éléments amovibles pour interagir avec le producteur (par exemple sur la distribution des ressources entre ateliers techniques).

7. CONCLUSION

Le processus de conception des outils de simulation dans le contexte d'exploitation de polyculture-élevage a montré que les demandes des producteurs accompagnés visent principalement le développement d'un atelier plus ou moins lié aux autres composantes de leur exploitation. Au début de la démarche, les interrogations sont plutôt d'ordre opérationnel (ex : aide au rationnement) et sont traitées avec des outils de simulation à l'échelle « animal – culture ». L'intégration de ces opérations dans un simulateur au niveau exploitation suscite de nouvelles préoccupations d'ordre tactique et stratégique montrant ainsi l'intérêt d'une approche par horizons décisionnels articulés. Cette articulation des outils lors de la co-conception de scénario favorise ainsi l'apprentissage du producteur et de l'intervenant sur la structure et le fonctionnement de l'exploitation agricole.

La complexité de certains systèmes multiplie le nombre de manipulations des outils ce qui n'est pas toujours évident à réaliser sur le terrain. Les ajustements de scénario demandés par le producteur devraient faire l'objet d'une analyse plus fine des pratiques, pour mieux cerner la stratégie mise en œuvre. Sur de telles bases d'observation, l'intervenant construirait des scénarios qui restent conformes aux attentes du producteur.

L'expérimentation de la démarche auprès des agro-éleveurs permet d'étudier l'intégration d'innovations dans des systèmes de production complexes. La co-conception de scénario avec la participation de techniciens permet d'adapter des suggestions parfois assez normatives au contexte d'une exploitation agricole. D'autre part, la conception de scénarios incite l'éleveur à mobiliser des connaissances biologiques, techniques et contextuelles pas forcément traitées dans les modèles (ex : les bâtiments d'élevage, l'organisation de la filière lait, etc.). En formation collective, l'utilisation des outils simulation unitaires pourrait favoriser les échanges entre producteurs et initier de nouvelles dynamiques de groupe ou individuelles.

Le caractère participatif de la démarche est une condition nécessaire à son déroulement. L'accompagnement requiert l'utilisation conjointe de trois applications sous format tableur pour lesquels des progrès d'interface sont à prévoir. Mais plus généralement, des réflexions doivent-être engagées sur d'autres supports à intégrer dans la démarche pour favoriser l'interaction entre intervenant et producteur (carte, maquette, etc.)

Les capacités des modèles à représenter de manière assez précise les innovations dans un système de production pourraient-être testées avec une analyse de sensibilité. Une évaluation de leur contenu actuel à dire d'expert serait nécessaire avant d'entamer une réflexion sur les composantes encore non modélisées (travail, trésorerie). Sur ce point des complémentarités avec d'autres applications ayant des principes de modélisation similaires (l'outil de simulation budgétaire Olympe par exemple) sont à étudier. Enfin, l'évaluation majeure des outils sera celle réalisée lors de l'application de la démarche d'accompagnement, c'est-à-dire, la faculté des modèles à servir de support de réflexion aux producteurs et à l'intervenant. Dans le cadre du dispositif expérimental, l'ingénieure malgache recrutée pour le projet Pepites poursuivra l'accompagnement d'au mieux 8 exploitations. Par ailleurs, les outils ont été transmis à un élève ingénieur chargé d'expérimenter une démarche d'accompagnement auprès des mêmes exploitations avec Olympe. L'ensemble de ces deux expériences offre la possibilité d'approfondir l'utilisation et l'utilité de la démarche d'accompagnement d'une part, la complémentarité des outils technico-économiques développés par rapport à une approche budgétaire des exploitations d'autre part.

Références bibliographiques

Andrieu N., Dugué P., Le Gal P.-Y., Schaller N., 2009. Modéliser le fonctionnement d'exploitations agricoles de polyculture élevage pour une démarche de conseil. Cas de la zone cotonnière de l'ouest du Burkina Faso. Colloque Savanes africaines en développement : innover pour durer. Garoua - Cameroun, 21-24 avril 2009, 12 p.

Attonaty J.-M. et Soler L.-G., 1991. Des modèles d'aide à la décision pour de nouvelles relations de conseil en agriculture, *Économie rurale*, 1991, vol. 206, issue 1, pages 37-45

Bara M., 2007. *Elaboration d'outils de réflexion stratégique sur les évolutions des exploitations : Application à l'échelle d'une coopérative laitière dans un périmètre irrigué au Maroc*, mémoire pour l'obtention du DAA Elevage en Milieux Difficiles, 31 p. + annexes, SupAgro

Cerf M., Sébillotte M., 1997. Approche cognitive des décisions de production dans l'exploitation agricole. In: *Économie rurale*. N°239, p. 11-18.

Chabierski S., Dabat M.-H., Grandjean P., Ravalitera A., Andriamalala H., 2005. Une approche socioéco- territoriale en appui à la diffusion des techniques agro-écologiques au Lac Alaotra, Madagascar, IIIe World Congress on Conservation Agriculture: *Linking Production, Livelihoods and Conservation*, Nairobi, Kenya, 3rd to 7th October, 8p.

Chabierski S., Penot E & Husson O., 2008. "Determinants of DMC technologies adoption among smallholders in the lake Alaotra area, Madagascar". Séminaire SCV Laos, Octobre 2008.

Chia E. et Marchesnay M., 2008. Un regard des sciences de gestion sur la flexibilité : enjeux et perspectives (chap. 2 : 23-36) in *L'Elevage en mouvement : Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores*, Editions QUAE, Paris

Dedieu B., Cournut E. et Ingrand S., 2008. Modéliser la conduite des troupeaux pour rendre compte de la diversité des modalités d'adaptation aux enjeux de qualité In *L'Elevage en mouvement : Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores*, Editions QUAE, Paris, p 259-272.

Domas R, Andriamalala H & Penot E, 2008. « Quand les tanetys rejoignent les rizières au lac Alaotra ». Diversification et innovation sur les zones exondées dans un contexte de foncier de plus en plus saturé. Séminaire SCV Laos, Octobre 2008.

Durand C., Nave S., 2007. *Etude des dynamiques agraires et des stratégies paysannes dans un contexte de pression foncière, Lac Alaotra.* Mémoire SUP-AGRO-IRC, CIRAD, Madagascar. 174 p.

Garin P., 1998. *Dynamiques agraires autour des grands périmètres irrigués : le cas du Lac Alaotra à Madagascar*. Thèse 3ème cycle, Université Paris X, 380 p.

Gasselin P. et Lavigne-Delville P., 2010. Pourquoi conduire une recherche action en partanriat ? in *Innover avec les acteurs du monde rural*, collection agriculture tropicales en poche, éditions QUAE et presses agronomiques de Gembloux, chap. 2 p 31-38.

Iiyama M., Kaitibie S., Kariuki P., and Morimoto Y., 2007. The Status of Crop-Livestock Systems and Evolution toward Integration, *Annals of Arid Zone* 46 (3&4): 1-23.

Jouve Ph., 2003. Système de culture et organisation spatiale des territoires : comparaison entre agriculture tempérée et agriculture tropicale In Dugué P., Jouve Ph., (éds.), 2003. *Organisation*

spatiale et gestion des ressources et des territoires ruraux. Actes du colloque international, 25-27 février 2003, Montpellier, France. Umr Sagert, Cnearc.

Le Gal P.Y., 2009. Agronomie et conception de systèmes de production innovants : concepts, démarches et outils, Symposium International Agriculture durable en région méditerranéenne, 2009-05-14/2009-05-16, Rabat, Maroc.

Le Gal, P.Y., Mérot, A., Moulin, C.H., Navarrete, M., Wery, J., 2010a. A modelling framework to support farmers in designing innovative agricultural production systems. *Environmental Modelling and Software* 25, 258–268.

Le Gal P.-Y., Dugué P., Faure G. et Novak S., 2010b. Designing innovative agricultural production systems at farm level: a methodological review, review paper submitted to *Agricultural Systems*

Le Gal P.-Y., 2010c. Modélisation des relations agriculture-élevage dans la région du Lac Alaotra (Madagascar), Rapport de mission du 9 juin – 17 juin 2010. Cirad, France, 12 p.

Meynard, J.-M., Aggieri, F., Coulon, J.-B., Habib, R., Thillon, J.-P., 2006. Recherches sur les systèmes agricoles innovants – Rapport du groupe de travail. INRA, Paris

Pacaud T., 2007. Modélisation des systèmes d'élevage : synthèse bibliographique, doc. de travail du projet TRANSformations de l'élevage et des dynamiques de l'espace, disponible en ligne <http://www1.clermont.inra.fr/add.../biblio_syst_elevage_tp_version_janvier.pdf >

Paul L., 2008. *Expérimentation d'une démarche de conseil technico-économique dans des exploitations laitières familiales au Maghreb : cas du périmètre irrigué du Tadla (Maroc)* mémoire pour l'obtention du DAA Agronomie-Environnement, 61 p. + annexes, AgroParisTech

Penot E. et Deheuvels O., 2007. Modélisation économique des exploitations agricoles : modélisation, simulation et aide à la décision avec le logiciel Olympe, Paris : L'Harmattan, 182 p.

Penot E., 2009. Des savoirs aux savoirs faire : l'innovation alimente un front pionner : le lac Alaotra de 1897 à nos jours, document de travail BV Lac n° 27, 37 p.

Rollin D., 1994. *Des rizières aux paysages : éléments pour une gestion de la fertilité dans les exploitations agricoles du Vakinankaratra et du Nord Btsileo (Madagascar).* CIRAD, Université de Paris X -Nanterre, Département de géographie, Thèse de Doctorat. 323 p. + annexes.

Saint-André F. Dugué P., Penot E., Le Gal P.-Y., 2010. Analyse des relations agriculture-élevage et place des techniques d'agriculture de conservation au sein d'exploitations du Lac Alaotra (Madagascar). Cirad, France, 79 p.

Samad Houssein M., 2009. *Diagnostic de la filière lait dans la région Alaotra Mangoro, cas de la zone d'Ambatondrazaka*, mémoire de fin d'étude Université d'Antananarivo, Ecole supérieure des sciences agronomiques/ Projet laitier de la région Alaotra-Mangoro et Ile et Vilaine. 77 p.

Thornton, P.K. and Herrero, M. 2001. Integrated crop-livestock simulation models for scenario analysis and impact assessment. *Agricultural Systems* 70: 581-602.

Wijk M.T., Tittonell, P., Rufino M. C., Herrero M., Pacini C., Ridder N. et Giller K.E., 2009. Identifying key entry-points for strategic management of smallholder farming systems in sub-Saharan Africa using the dynamic farm-scale simulation model NUANCES-FARMSIM, *Agricultural Systems*, 2009, vol. 102, issue 1-3, pages 89-101

Annexes

ANNEXE A. Présentation du projet BV Lac

Objectifs du projet BV Lac

- Accroître et sécuriser les revenus des producteurs, touchés par les aléas climatiques et économiques des années récentes qui ont largement pesé sur leurs revenus,
- Préserver les ressources naturelles d'une zone écologique très fragile actuellement menacée et sécuriser les investissements d'irrigation existant en aval,
- Appuyer les organisations des producteurs en leur permettant de devenir progressivement des maîtres d'ouvrages locaux d'actions de développement.

Contenu - Exécution du projet

Le maître d'ouvrage est le Ministère de l'Agriculture. Une cellule de projet a été créée afin d'assurer la coordination de la mise en œuvre des actions suivantes par des prestataires locaux :

1. La sécurisation foncière. Préalable aux actions de mise en valeur, de protection de l'environnement et d'amélioration de la productivité, le projet soutient techniquement et financièrement les organisations de producteurs dans la mise en oeuvre de procédures de régularisation foncière.
2. L'environnement - La préservation des écosystèmes est l'un des axes forts du projet, qui intervient dans la mise en oeuvre de programmes de reboisement, le traitement de ravines et de lavakas et la lutte contre les feux de brousse.
3. La mise en valeur agricole - Ces actions ont vocation à promouvoir le développement des cultures intégrées aux systèmes de protection anti-érosifs fournissant de la biomasse végétales. A ce titre, le projet met la priorité sur la promotion de techniques agroécologique adaptées à ce contexte.
4. L'élevage - Le projet cherche à améliorer l'intégration de l'agriculture et de l'élevage. Il fournit une assistance en matière de santé animale et également de développement de la disponibilité de fourrages.
5. Les infrastructures rurales - Ouverture de 3 nouvelles pistes (au total 30) dans la zone d'Imamba-Ivakaka.
6. Les aménagements hydro-agricoles - Travaux d'infrastructures hydro-agricoles légers, ayant un impact immédiat sur l'amélioration du fonctionnement et de la protection internes des réseaux.
7. Le crédit rural - Soutien des expériences des Greniers Communs Villageois, entreprise dans le cadre des projets antérieurs, en relation avec les réseaux de microfinance installés dans la région (BOA ; OTIV ; CECAM …)
8. L'animation-formation - Le projet assure les formations et appuis techniques auprès des Organisations de Producteurs et conduira à l'autonomie technique et financière la Fédération des AUR du PC15 et de la Vallée Marianina.

Impacts attendus

La prise en compte des productions agricoles supplémentaires, de la production forestière issue des boisements réalisés et de la production animale induite par le projet, fait apparaître un taux de rentabilité interne (TRI) de 8 à 9 % ;

Les reboisements, aménagements anti-érosifs et le développement des pratiques de cultures contribueront à réduire l'érosion et à reconstituer la fertilité des sols, tout en offrant de nouvelles activités productives ;

Le projet comporte un important volet de structuration d'organisations de producteurs, ce qui favorisera l'émergence de la société civile et la responsabilisation des communautés dans la conduite des actions de développement engagées. Il contribuera aussi à faire émerger des PME ou prestataires locaux qui prennent le relais, suite au désengagement de l'Etat, des fonctions de production, contribuant ainsi à la lutte contre la pauvreté et les inégalités.

(source : <http://www.cirad.mg/fr/bvlac.php>)

ANNEXE B. Présentation de CalculRation

CalculRation calcule une estimation de la production individuelle de différentes catégories d'animaux par rapport à un objectif. L'utilisateur définit l'objectif en litre de lait par jour, en gain moyen quotidien ou en heures de travail par jour respectivement pour une vache laitière, un animal à l'engraissement et un bœuf de trait. Il caractérise aussi ces animaux (ex : le poids des animaux, la répartition des vêlages à partir de laquelle il calcule la production laitière d'une vache moyenne, l'intensité du travail demandé au bœuf de trait, etc.). Le calcul de la production permise par la ration se base sur le système INRA ; il prend en compte la notion d'encombrement, de substitution, d'énergie (UFL) et de protéines (PDI) excepté pour les bœufs de trait[19]. Dans tous les cas, les besoins en vitamines et en éléments minéraux ne sont pas pris en compte. Pour chaque animal en production, l'utilisateur compose sa ration avec 6 fourrages au maximum et 3 concentrés (à choisir dans une liste qui renvoie à leur valeur alimentaire) parmi lesquels il peut créer un mélange. Pour ce faire, il définit les proportions d'aliments utilisés pour sa fabrication dans un module à part. L'utilisateur définit les rations par tâtonnement successifs en trouvant une adéquation entre l'objectif et la production limitée par l'azote ou l'énergie de l'alimentation. Il peut ainsi tester une gamme de solutions possible en fonction de la disponibilité des aliments.

Tableau de présentation des variables utilisées dans CalculRation :

Entrées	Paramètres	Variable intermédiaire	Sorties
Composition des mélanges fabriqués sur exploitation (en % par ingrédient)	Valeurs UFL, PDIN, PDIE, UEL des aliments[20]	Valeur alimentaire des mélanges fabriqués	
Bœuf de trait au travail : Heures de travail/jour objectif Intensité travail Poids moyen des bœufs Type et quantité d'aliments par mois	Besoins par heure de travail (UFL)[21] Capacité d'ingestion 22	Quantité ingérée et valeur alimentaire	Amaigrissement quotidien/bœuf Heures de travail possibles
Vaches laitières : Poids vif moyen par vache laitière Durée de lactation Quantité de lait objectif/vache au pic Intervalle vêlage-vêlage Poids veau naissance Répartition des vêlages Type et quantité de concentré par stade physiologique mensuel Type et quantité de fourrage par mois	Courbe théorique de lactation *(Dalib)* Besoins de gestation, production de lait (UFL + PDI)[22] Capacité d'ingestion 22	Objectif de lactation par jour Quantité ingérée et valeur alimentaire	Production permise par la ration % besoins énergétiques % des besoins azotés
Animaux à l'engraissement ou retape : Poids vif début Poids vif fin Durée engraissement	Besoins UFL et PDI pour croissance Capacité d'ingestion 22	Poids moyen GMQ objectif Quantité ingérée et valeur alimentaire	GMQ permis par la ration % besoins énergétiques % des besoins azotés

[19] Pour cette catégorie, il serait en effet généralement acceptable de considérer l'alimentation énergétique comme limitante par rapport à l'azote

[20] Extraites entre autres du Guide pour les Hautes Terres de Madagascar. Conduite des systèmes de cultures sur couverts végétaux et affouragement des vaches laitières, collectif CIRAD, FIFAMANOR, GSDM, TAFA. Année de publication 2006 ?

[21] Le Thiec G., 1996. Agriculture africaine et traction animale, chap. Alimentation, p 124. Collection Techniques, CIRAD-SAR, Montpellier (France), 355 p

[22] A partir de Jarrige, 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins, INRA, Versailles, 471 p.

ANNEXE C. Présentation de CaclulFerti

CalculFerti permet de rechercher une fertilisation qui couvre les exportations minérales des cultures. L'utilisateur définit l'objectif de rendement en tonne de matière brute par hectare pour une situation culturale de l'exploitation. Il précise la part des résidus de culture exportés des parcelles. CalculFerti calcule ensuite les quantités d'éléments azote, phosphore et potassium théoriquement exportées. L'utilisateur cherche alors à équilibrer chacun des 3 bilans minéraux par tâtonnement successifs en définissant les quantités des fertilisants qu'il choisit d'utiliser.

La fertilisation peut compter jusqu'à 5 fertilisants à choisir dans une liste qui renvoie à leur valeur en N, P et K (en kg/tonne). Parmi ces possibilités, 3 peuvent-être des fumures organiques spécifiées par l'utilisateur. Un module permet en effet de simuler la composition en N, P et K de fumures organiques à partir du type de déjection (bovine fraiches ou sèches) et de leur proportion par rapport à la paille. Plusieurs solutions d'équilibre sont possibles, d'autant qu'il est parfois nécessaire de tolérer des excédents sur certains bilans pour couvrir chacun des trois.

Tableau de présentation des variables utilisées dans CalculFerti :

Entrées	Paramètres	Variable intermédiaire	Sorties
Fumures organiques produites : Type déjection (fraiches/sèches) Poids moyen des animaux Durée de stabulation Quantité de paille par animal Type de paille distribuée Fréquence de paillage	Quantité de déjections produites par poids vif [23]	% fèces % paille Valeur N, P, K de la fumure produite Equivalent poudrette	
Production par situation culturale : Espèces cultivées (jusqu'à 2 par situation) Rendement (t/ha) % de prélèvement des pailles	Exportations N, P, K par tonne de produit récolté[24] Rapport paille/grain[25]	Demande en N, P et K (en kg/ha)	Bilans en N, P et K par ha de situation culturale
Fertilisations appliquées : Type de fertilisant employé Dose par de situation culturale (en kg ou charrettes/ha)	Teneur en N, P et K des fertilisants[26] Poids moyen d'une charrette de fumure (en kg de MS)	Offre en N, P et K (en kg/ha)	

[23] Com. perso Patrick Dugué
[24] Husson et al., 2009. Le choix des itinéraires techniques (Vol II chap. 3, p. 65), Manuel pratique du semis direct à Madagascar, collectif, Madagascar.
[25] Borget M, 1968. Un type d'aliment du bétail trop négligé en zone tropicale : les Sous produits de récolte. Cahiers d'Agriculture Pratique des Pays Chauds, p. 37-44
[26] Dupin B. et Hyac P., [non daté]. Guide synthétique d'agronomie et d'agro-écologie dans le contexte de la rive-ouest du Lac Alaotra, AVSF, Ambatondrazaka (Madagascar), 39 p. + com. perso. Patrick Dugué

ANNEXE D. Présentation des variables mobilisées dans CLIFS

Tableau de présentation des variables utilisées dans CLIFS :

Entrées	Paramètres	Variable intermédiaire	Sortie
Famille Nombre d'enfant < 15ans Nombre de personnes > 15 ans **Equipements** Nombre de charrue Nombre de herse Nombre de fosse fumière Capacité de stockage fosse Parc à bétail sans toit (O/N) Bâtiment avec toit (O/N) **Utilisation des bœufs au travail** Nombre de bœufs/attelage au labour Nombre de bœufs/attelage au hersage Nombre d'attelage/jour au labour Nombre d'attelage/jour au hersage Pour chaque tâche : Date début (jj/mm) Surface à travailler (ha) Heures de travail/jour Amaigrissement quotidien/bœuf **(*)** Jours de repos/semaine/attelage Début retape des bœufs (jj/mm) Fin de retape des bœufs (jj/mm) Objectif de reprise de poids/bœuf **(*)** Poids à atteindre début campagne **Soles cultures commerciales/vivrières** Rendement moyen de la sole (t/ha) Surface de la sole Vente de la récolte (en t par culture) **Achats/fabrication d'aliments** Nature des aliments non-produits sur l'exploitation et distribués en pur (Fourrages puis Tubercules/concentrés) Composition des mélanges fabriqués sur exploitation (en % par ingrédient) **(*)** Quantité CMV achetée/an **Achats/production de fumure** Fumures organiques produites **(**)** Type déjection (fraiches/sèches) **(**)** % fèces **(**)** Type paille **(**)** % paille **(**)** Equivalent poudrette de parc **(**)** Fumier stocké dans fosse Nombre de vidange de la fosse/an Nature des fertilisants achetés **Inventaire animaux** Nombre d'animaux 12-24 mois Nombre d'animaux > 24 mois (hors VL) Nombre de bœufs de trait Poids vif moyen par vache laitière **(*)** Intervalle vêlage-vêlage **(*)** Poids veau naissance **(*)** Durée de lactation **(*)** Lait/j pour autoconsommation familiale	Equivalent conso. Conso. par unité *(conventions Olympe)* Débit horaire (en ha/attelage) *estimé à partir de Garin, 1998* Coût location attelage *(com. perso Lionel Cottet)* Taux de perte stockage en tas, en fosse *(com. perso sur l'ordre de grandeur Patrick Dugué)* UBT/animal Déjection produite par UBT *(com. perso sur l'ordre de*	Débit quotidien Récolte par sole (en t) Autoconsommation des aliments Fumures produites Consommation de paille pour litière Volume de fumure stocké en fosse Pertes de fumures en stockage Volume de déjections produites Nombre d'UBT présentes Volume de lait produit	Besoins en riz Vente de riz Achat de riz Poids moyen des bœufs par mois Nombre de jours de travail Date de fin des travaux Nombre de jours de location d'attelage Productions végétales vendues Productions végétales achetées Volume de fumure produite par type Quantité de quantités équivalents de poudrette de parc achetée Production de lait/mois pour le troupeau, Production de viande Production de lait commercialisable Produit Lait Produit viande

Quantité de lait bue/veau/mois Age des veaux au sevrage Age des veaux quand entrée dans troupeau de renouvellement Nombre d'animaux engraissés Catégorie d'animaux **(*)** Date début Date fin Poids initial **(*)** Poids à la vente **(*)** Prix de vente (par kg vif) Nombre d'animaux maigres vendus Catégorie d'animaux Date vente	*grandeur Patrick Dugué)* Prix du lait Prix de la viande Coût vétérinaire/animal	Volume de lait consommé Consommations intermédiaires animaux (hors alimentation) Nombre de vaches en lactation et taries / mois	
Nombre de vêlage/mois pour les VL **Culture fourragères produites** Espèce Rendement (en t de MB/ha) Stockable (O/N) Mois pour niveau du stock Niveau du stock (en t de MB)	% du niveau prod./mois/espèce *(à dire d'experts, AVSF)*	Fourrage disponible/mois	Quantité de fourrage achetée/mois
Recettes/dépenses pour marge nette Nb salariés permanents payés en riz Salaire en riz (kg/an/salarié) Nb salariés permanents payés en Ar. Salaire en Ar. Consommation carburant hors cultures Coût entretien bâtiment Nombre d'animaux achetés Prix moyen/animal Dépenses pour achat de matériel Achat de terres Ventes diverses hors cultures + élevage Remboursement d'annuité Taux d'annuité	Prix des aliments, des fertilisants, des produits phytosanitaires Prix de la main d'œuvre *(Prix actualisés Olympe)*	Marge brute élevage Marge brute cultures Marge brute d'exploitation Dépense/recettes diverses d'exploitation Charges de structure	Marge nette d'exploitation
Conduite des situations culturales <u>Pour chaque situation</u> Surface Culture(s) **(**)** Rendement **(**)** % paille exportée Fertilisation (fertilisants + quantité/ha) **(**)** Quantité semence/ha Protection des cultures (produit + quantité/ha) Coût mécanisation/ha Coût de location Nombre de journées homme/ha	Poids d'une charrette de fumure *(estimation Saint-André et al., 2010 ; Garin, 1998)*	Quantité de paille produite Quantité de fumure nécessaire Consommations intermédiaires pour cultures	
Rations des animaux (*) pour 1) vaches laitières, 2) troupeau non laitier, 3) Engraissement, 4) Travail de trait, 5) Retape des bœufs de trait (nature des aliments + quantité/animal/j pour chaque mois) Temps passé en bâtiment Type de fumure produite/lot	Poids d'un sac de fourrage *(estimé en ferme)*	Quantités d'aliments consommés (dont pailles) Nombre d'UBT.jours	Nombre de sacs de fourrages distribués par jour

(*) Variables issues de CalculRation
(**) Variables issues de CalculFerti
En bleu éléments pour calcul du bilan force de travail, en vert pour bilan fourrager, en orange pour bilan pailles, en marron pour bilan fumures

ANNEXE E. Calibrage des bilans en paille, fumures et fourrage chez le producteur P (scénario de référence)

Variable calculée dans CLIFS	Variable d'entrée ajustée	Paramètres à calibrer	Verrou
ETAPE 1			
Production de FO (48 charrettes fumier VL + 10 charrettes poudrette)	- Durée de stabulation troupeau non-laitier (12 h)	-% pertes stock en tas (20%)	- Production FO estimée à environ 60 charrettes (¾ fumier VL + ¼ poudrette)
Consommation de paille (9,6 t de MB)	- Quantité paille alimentation du troupeau non-laitier (moyenne : 1,9 kg/UBT/j)		- 45 %paille fumier VL - 0% paille poudrette - Quantités de paille pour alimentation VL
Production de paille (8 t de MB)	- % de paille exportée par situation culturale (0 à 60%)	- Ratio paille /grain (1)	- Rendements en riz - Bilan paille ¾ suffisant
ETAPE 2			
Consommation de FO (48 + 10 charrettes)	***Révision des fertilisations (CalculFerti)***		- Bilan fumure nul
ETAPE 3			
Consommation de fourrages (cf. annexe)	- Quantité fourrages alimentation du troupeau non-laitier		- Quantités fourrages VL

Etapes de construction du scénario de base depuis CLIFS chez l'exploitant P avec entre parenthèses la valeur finale adoptée - *(VL = vaches laitières, FO = fumures organiques)*

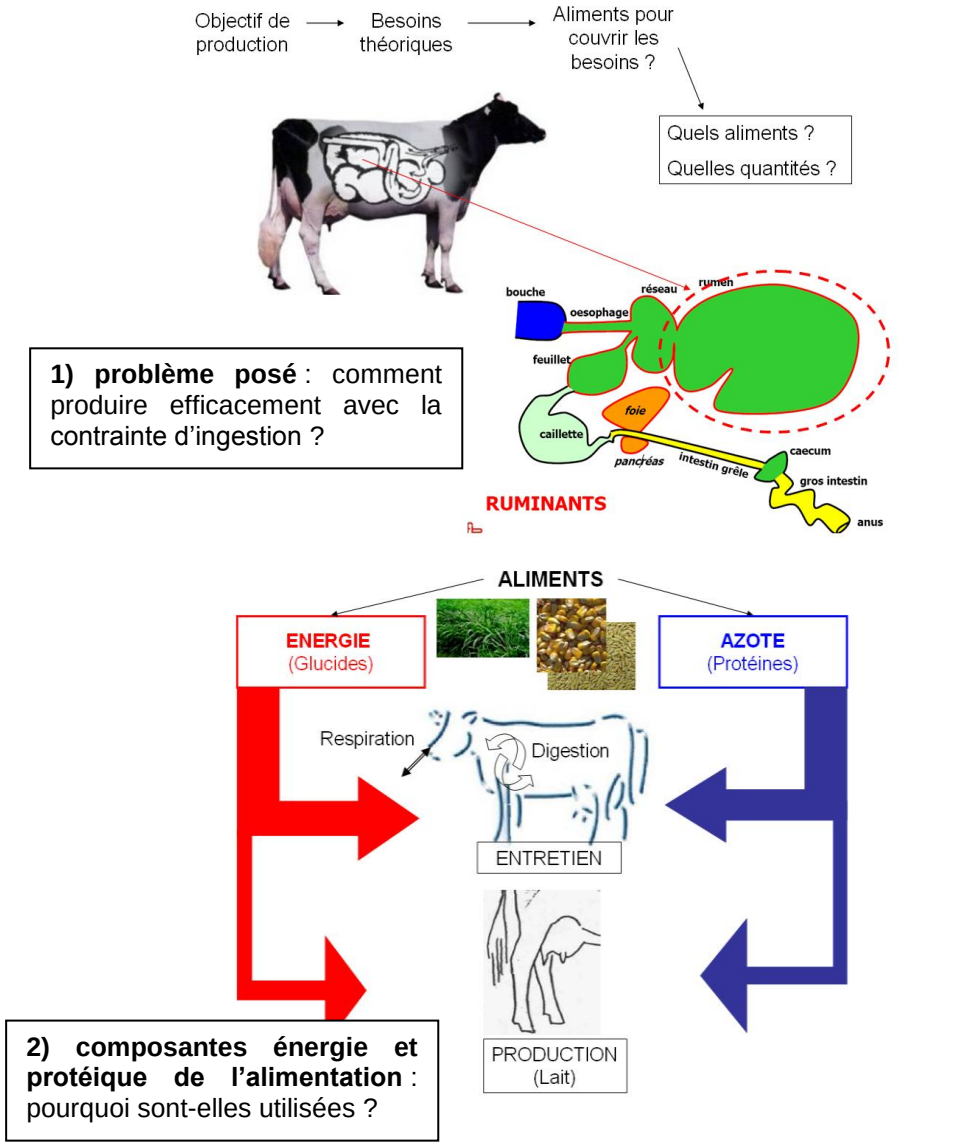
Le calibrage de la production de fumures (Figure 10) conduit à 48 charrettes de fumier et 10 charrettes de poudrette. La consommation de paille est ajustée avec les quantités distribuées au troupeau non-laitier ; la consommation pour la litière est verrouillée (kg/animal dans chacune des fumures et durée de sortie). La production de paille est ajustée avec les prélèvements de manière à obtenir un bilan couvert à 75 % de la demande.
Les ajustements de l'étape 1 conduisent à redéfinir les fertilisations avec 58 charrettes de fumure organique et la révision des exportations de paille.

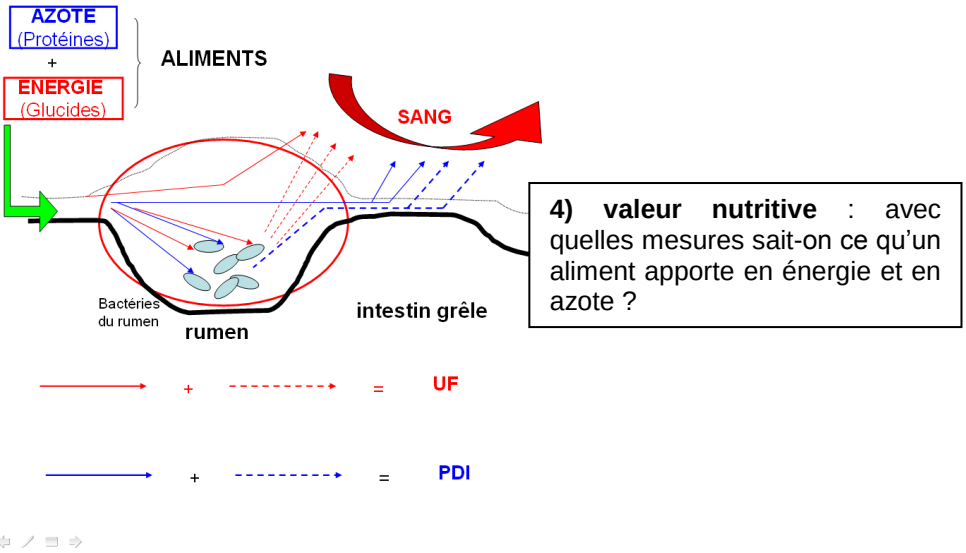
Le calibrage de la consommation de fourrages est ajustée sans qu'il ne concerne ni la paille, ni les rations des vaches laitières.

ANNEXE F. Rations des vaches laitières cas P (sorties de CalculRation)

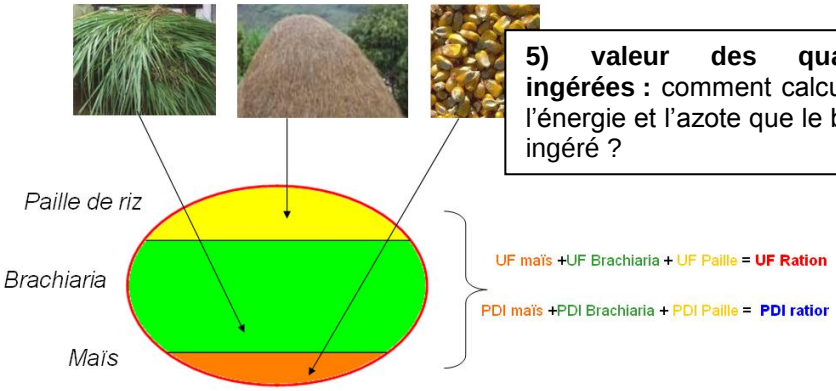
Scénario de base	**janv**	**févr**	**mars**	**avr**	**mai**	**juin**	**juil**	**août**	**sept**	**oct**	**nov**	**déc**
Herbes naturelles SH bon	34	34	34	34	18						15	34
Herbes naturelles SH moyen					18	38	16					
Herbes naturelles SS moyen							16	26	26	26	15	
Paille de riz	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5							0.5
Lait du troupeau	**957**	**853**	**929**	**1169**	**1397**	**1118**	**954**	**764**	**550**	**450**	**729**	**1014**
mois après vêlage	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Quantité de concentré	3.5	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	1.0	0.5	0.5
Scénario de référence	**janv**	**févr**	**mars**	**avr**	**mai**	**juin**	**juil**	**août**	**sept**	**oct**	**nov**	**déc**
Herbes naturelles SH bon	36	36	36	36	20						17	36
Herbes naturelles SH moyen					19	42	17					
Herbes naturelles SS moyen							17	28	28	28	16	
Paille de riz	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5							1.0
Lait du troupeau	**1121**	**997**	**1100**	**1384**	**1613**	**1292**	**1154**	**925**	**634**	**473**	**839**	**1172**
mois après vêlage	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Quantité de concentré	3.5	4.0	5.0	5.0	4.0	3.0	2.0	2.0	2.0	1.0	0.5	0.5
Scénario alternatif "Location"	**janv**	**févr**	**mars**	**avr**	**mai**	**juin**	**juil**	**août**	**sept**	**oct**	**nov**	**déc**
Herbes naturelles SH bon	10										12	18
Herbes naturelles SH moyen					7	16	15					
Herbes naturelles SS moyen							15	28	28	28	11	
Brachiaria ruziziensis	14	20	20	20	15	10					5	10
Stylosanthès guianensis	5	7	7	7	7	7	3				3	3
Paille de riz	1	1	1	1	1							1
Lait du troupeau	**1113**	**1000**	**1100**	**1384**	**1736**	**1753**	**1274**	**925**	**634**	**473**	**897**	**1167**
mois après vêlage	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Quantité de concentré	3.5	4	5	5	4	3	2	2	2	1	0.5	0.5
Scénario alternatif "Location"	**janv**	**févr**	**mars**	**avr**	**mai**	**juin**	**juil**	**août**	**sept**	**oct**	**nov**	**déc**
Herbes naturelles SH bon	25	25	25	25	16						17	27
Herbes naturelles SH moyen					16	35	17					
Herbes naturelles SS moyen							17	28	28	28	16	
Brachiaria ruziziensis	5	5	5	5	3	3						5
Stylosanthès guianensis	2	2	2	2	2	2						
Paille de riz	1	1	1	1	0.5							1
Lait du troupeau	**1110**	**986**	**1100**	**1384**	**1673**	**1428**	**1154**	**925**	**634**	**473**	**839**	**1147**
mois après vêlage	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Quantité de concentré	3.5	4	5	5	4	3	2	2	2	1	0.5	0.5

ANNEXE G. Quelques diapositives de la présentation des bases de l'alimentation des bovins





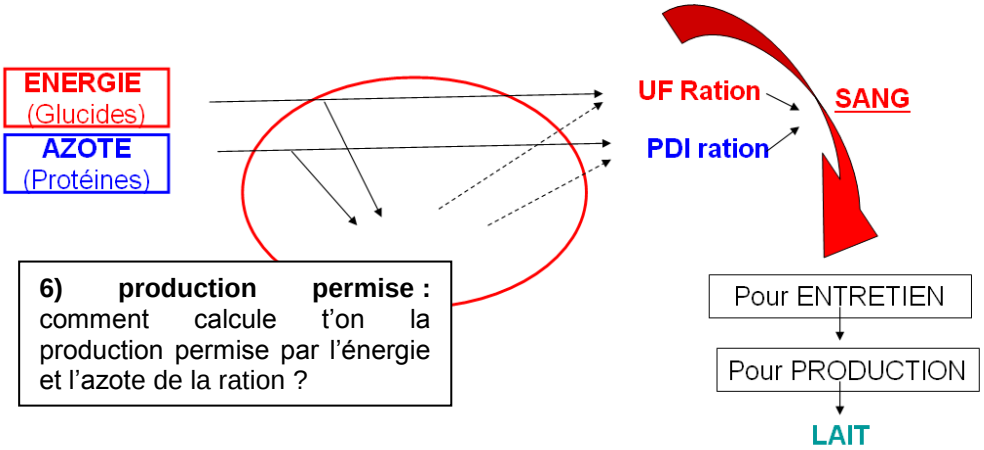
4) valeur nutritive : avec quelles mesures sait-on ce qu'un aliment apporte en énergie et en azote ?



5) valeur des quantités ingérées : comment calcule t'on l'énergie et l'azote que le bovin a ingéré ?

UF aliment = Quantité maïs x Valeur UF Aliment

Exemple : 2 kg de maïs sec → UF Maïs = 2 x 1,08 = 2,16 UF



6) production permise : comment calcule t'on la production permise par l'énergie et l'azote de la ration ?

ANNEXE H. Les systèmes de culture à semis sous couvert végétal (SCV)

Caractéristiques des systèmes SCV (source Pampa, collectif cité dans Penot, 2009)

Les SCV (Système de culture sous couvert végétal) sont des systèmes de culture qui reposent sur les trois principes de base de l'Agriculture de Conservation (AC) (site FAO www.fao.org/ag/ca/fr/) :

- limitation voire abandon du travail du sol ;

- protection physique du sol par une couverture permanente ou semi-permanente morte (mulch de résidus de récolte et/ou d'une plante de service) ou vivante (plante de service) ;

- rotation de cultures.

En conditions tropicales, l'efficacité agronomique et écologique de ces systèmes ont fait l'objet de nombreux travaux qui ont mis en évidence à l'échelle de la parcelle cultivée : une réduction très nette du ruissellement (Findeling et al. 2003) et de l'érosion (Lal, 2007) d'où une amélioration du bilan hydrique (Scopel et al. 2004), un enrichissement de l'horizon de surface en C et MOS11 (Bernoux et al. 2006, Corbeels et al. 2006), une limitation du parasitisme des céréales par le *striga* et le contrôle de certaines adventices (Séguy et al., 1996 et 1999), une activation de la micro et de la macrofaune du sol favorable au recyclage du carbone et à la structure du sol (Brévault *et al* 2007, Blanchart et al. 2004). De ce fait les SCV s'inscrivent bien dans cette démarche d'intensification écologique évoquée ci-dessus.

Toutefois, il faut rappeler que des SCV économiquement et agronomiquement performants, tout comme les systèmes de culture conventionnels (SCC) sans jachère, ont généralement recours à des intrants chimiques (engrais minéraux, phosphore et potasse plus particulièrement ; herbicides ; traitement accru des semences) et à des équipements plus ou moins onéreux (semoir spécifique, canne planteuse, épandeur d'herbicide) (Bolliger 2006, Ribeiro 2001). Le recours à ces intrants et équipements12 est souvent indispensable et permet de faire face à des aléas : prolifération d'adventices, paillage pas assez épais, parasitisme, etc. En contrepartie ces pratiques accroissent la flexibilité agro-technique de ces systèmes de culture et permettent de constituer une gamme de SCV plus ou moins complexes capables de répondre aux objectifs et contraintes des producteurs. Mais la mise en œuvre de ces systèmes nécessite que les agriculteurs disposent de la trésorerie ou du crédit pour les réaliser et donc disposent des services agricoles correspondants.

ANNEXE I. Sorties de CLIFS scénario de base producteur P

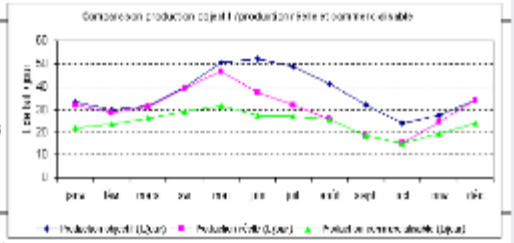
PRODUCTIONS ANIMALES

Production laitière mensuelle

mois	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
PL potentielle(L/m	*1000*	*897*	*944*	*1183*	*1513*	*1556*	*1465*	*1238*	*954*	*716*	*820*	*1014*
PL réalisée (L/moi	957	853	929	1169	1397	1118	954	764	550	450	729	1014
Réalisé / potentie	*96*	*95*	*98*	*99*	*92*	*72*	*65*	*62*	*58*	*63*	*89*	*100*
PL livrée (L/mois)	657	703	779	869	947	818	804	764	550	450	579	714

Production laitière annuelle

PL potentielle	13 300	litres	=	37	l par jour
PL réalisée	10 882	litres	=	30	l par jour
Réalisé / potentie	82	%			
PL livrée	8 632	litres		24	litres/jour/commercialisables
PL autoconsommée	-	litres			
PL bue par veaux	2 250	litres		1 726	litres livrés /vache/an



Production de viande

IVV	12 mois	PV vendu / an	0 kg
nbre de veau / an	veau(x)		
nbre zébus mis à l'	0		

Production de fu (t de MB) (charettes)

FumierVL	***19.2***	***48***
Poudrette	***2.5***	***10***
-	-	-
-	-	-
-	-	-

Travail des boeufs de trait

Travaux	rface (en h	Date débu	Date fin	Travail (j)	ocation (j)
1er labour	5	1-déc.	28-déc.	20	0
2nd labou	0	0-janv.	0-janv.	0	0
1er hersag	5	1-janv.	20-janv.	14	0
2nd hersa	0	0-janv.	0-janv.	0	0

PRODUCTIONS VÉGÉTALES

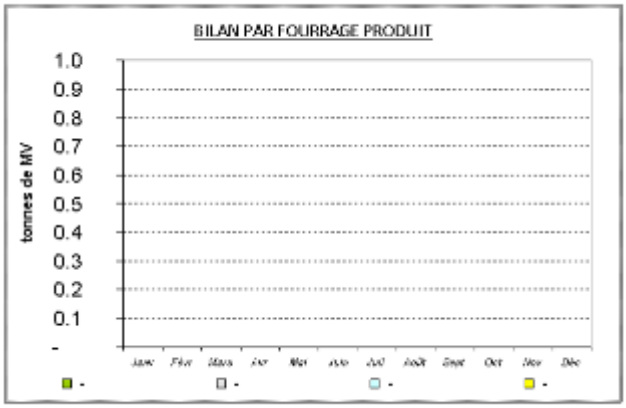
Cultures fourragères

	(en ha)	*Disponible*
-	0.00	0.0
-	0.00	0.0
-	0.00	0.0
-	0.00	0.0

Cultures commerciales et vivrières

	enf	*(en ha)*	*(en t)*	*Pailles*	*(en t)*
Riz paddy grain	4.3	4.25	**18.3**	**de riz**	**8.0**
Maïs grain	1.0	0.50	**0.5**	**de maïs**	-
-	-	-	-		-
-	-	-	-		-
-	-	-	-		
-	-	-	-		

GESTION DES RESSOURCES



Bilan par tonne de MB des résidus de culture

Résidu de cultures	Offre	Demande	Bilan
Paille de riz	8.0	9.20	-1.22
Paille de maïs	-	-	0.00
-	-	-	0.00
-	-	-	0.00

Bilan en charettes des fumures produites

Fumure produite	Offre	Demande	Bilan
FumierVL	48	48	0
Poudrette	10	10	0
-	-	-	0
-	-	-	0
-	-	-	0

Sorties de CLIFS scénario de base producteur P (2/2)

CONSOMMATION DE FOURRAGE

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
En kg de MB / jour	228	226	173.2	197.6	207.6	220	185	162.4	167.2	172	189.6	204.8
Sacs	8	8	6	7	7	7	6	5	6	6	6	7

Culture de l'exploitation	Consommation du bétail (en t de MB	*Dont provient de l'exploitation*
Riz paddy grain	-	-
Maïs grain	2.52	*0.50*
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

Achats d'aliments pour le bétail non-produites sur l'exploitation

Manioc sec	0.22
-	0.00
-	0.00

Mélanges préparés sur l'exploitation (en t)

Provende PP	4.43
-	-
-	-

Consommation par ingrédient (en t)

Maïs grain	2.52
Son de riz	1.28
Poudre de poisson	0.62
Poudre d'os	0.00

Fertilisants achetés

Engrais 10 - 10 - 13	-
Urée	-
-	-
-	-
-	-

COMPTE GÉNÉRAL D'EXPLOITATION

Ateliers d'élevage

PRODUIT (en Ar.)	Quantité	Prix (en Ar/unité)	Produit (en M Ar.)
Lait livré HL (en L)	4 950	1 000	4.950
Lait livré BL (en L)	3 682	1 000	3.682
Lait famille (en L)	-	-	-
			8.632
Animaux engraissé	-	2 800	-
			8.632

CONSOMMATIONS INTERMEDIAIRES

Achats d'aliments		
Concentrés et tubercu	1.978	
Fourrages	-	
CMV	-	
		1.978
Soins vétérinaires		0.354
Main d'oeuvre temporaire		-
TOTAL :		2.331

Marge brute élevage :	6.301
Retour sur investissement	2.7
Part des achats dans la quantité de concentré cons	89%
Part des fourrages extérieurs dans la quantité de fo	90%

Valeur des aliments composés (en Ar./kg de MB)	
Provende PP	482
-	-
-	-
Coût moyen si tous les ingrédients sont achetés	482
Coût moyen de la situation (net des productions de	437

MARGE BRUTE D'EXPLOITATION (en M Ar.) :	**14.06**
Consommation de carburants	-
Entretien des bâtiments	-
Rémunération MO permanente	0.99
Total charges de structure	0.99
Remboursement d'annuité	-
Charges financières	-
Recettes diverses d'exploitation	-
Dépenses diverses d'exploitation	0.60
MARGE NETTE D'EXPLOITATION (en M Ar.) :	**12.47**

Ateliers cultures

PRODUIT (en Ar.)	Récolte	Vente décl. (en t)	Vente effective (en t)	Prix (en Ar./kg)	Produit
Riz paddy grain	18.3	-	16.6	680	11.305
Maïs grain	0.5	-	-	400	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
				TOTAL :	11

CONSOMMATIONS INTERMEDIAIRES -

	Surface	CI (Ar/ha)	CI hors fumures	Location	Coût total
Riz sur RI 1	1.25	0.390	0.488	0.576	1.064
Riz sur RI 2	1.75	0.378	0.662	0.807	1.468
Riz sur RMME	0.75	0.423	0.317	0.346	0.663
Tanety	0.50	0.705	0.352	-	0.352
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
				SOUS-TOTAL :	3.548

FERTILISANTS	
produites sur l'exploitation en déficit	-
fertilisants non produits sur l'exploitation (engrais NPK, autres fu	-
LOCATION BOEUFS DE TRAIT	-

Marge brute cultures :	7.757
Retour sur investissement	2.2
% de la valeur des cultures vendu	98%

RIZ (en tonnes de paddy)	
Production annuelle	18.275
Vendue	16.63
Paiement	0
Consommation familiale	1.65
Rémunération des salariés	0
Achat	0

ANNEXE J. Sorties de CLIFS scénario de référence (1/2)

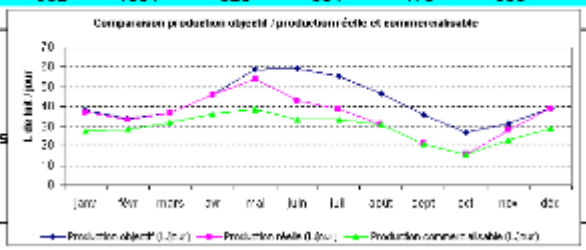
PRODUCTIONS ANIMALES

Production laitière mensuelle

mois	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
PL potentiel	*1138*	*1014*	*1100*	*1384*	*1758*	*1778*	*1655*	*1389*	*1069*	*801*	*942*	*117*
PL réalisée (	1121	997	1100	1384	1613	1292	1154	925	634	473	839	117
Réalisé / po	*98*	*98*	*100*	*100*	*92*	*73*	*70*	*67*	*59*	*59*	*89*	*10*
PL livrée (Lit	821	847	950	1084	1163	992	1004	925	634	473	689	87

Production laitière annuelle

PL potentiel	15 200	litres	=	42	l par jour
PL réalisée	12 704	litres	=	35	l par jour
Réalisé / po	84	%			
PL livrée	10 454	litres		29	litres/jour/commercialis
PL autoncon	-	litres			
PL bue par v	2 250	litres		2 091	litres livrés /vache/an



Production de viande

IVV	12 mois	PV vendu / an	0 kg
nbre de veau / an	veau(x)		
nbre zébus r	1		

Production en t de MB en charettes)

FumierVL	*23.2*	*58*
Poudrette	*7.0*	*28*
-	-	-
-	-	-
-	-	-

Travail des boeufs de trait

Travaux	urface (en h	Date début	Date fin	Travail (j)	ocation (j)
1er labour	5	1-déc.	23-déc.	16	0
2nd labour	0	0-janv.	0-janv.	0	0
1er hersag	5	1-janv.	17-janv.	12	0
2nd hersag	0	0-janv.	0-janv.	0	0

PRODUCTIONS VÉGÉTALES

Cultures fourragères

	Rendement (t MB/ha)	*Surface (en ha)*	*Disponible*
-	22	0.00	0.0
-	14	0.00	0.0
-	12	0.00	0.0
-	5	0.00	0.0

Cultures commerciales et vivrières

	Rendement moyen (t/ha)	*Surface (en ha)*	*Récolte (en t)*	*Pailles*	*Récolte (en t)*
Riz paddy grain	4.3	4.25	**18.3**	**Paille de**	**8.0**
Maïs grain	1.0	0.50	**0.5**	**Paille de**	-
-	-	-	-		-
-	-	-	-		-
-	-	-	-		
-	-	-	-		

GESTION DES RESSOURCES

Bilan par tonne de MB des résidus de culture

Résidu de cultures	Offre	Demande	Bilan
Paille de riz	8.0	16.29	-8.31
Paille de maïs	-	-	0.00
-	-	-	0.00
-	-	-	0.00

Bilan en charettes des fumures produites

Fumure produite	Offre	Demande	Bilan
FumierVL	58	58	-0
Poudrette	28	28	-0
-	-	0	-0
-	-	0	-0
-	-	0	-0

Sorties de CLIFS scénario de référence producteur P (2/2)

CONSOMMATION DE FOURRAGE

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
En kg de MB	356	304	272	321	338	298	243	230	235	240	262	272
Sacs	12	10	9	11	11	10	8	8	8	8	9	9

Culture de l'exploitation	Consommation du bétail (en t de MB de la culture)	*Dont provient de l'exploitation*
Riz paddy g	-	-
Maïs grain	2.93	*0.50*
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

Achats d'aliments pour le bétail non-produites sur l'exploitation

Manioc sec	0.65
-	0.00
-	0.00

Mélanges préparés sur l'exploitation (en t)

Provende T	4.88
Provende S	0.12
-	-

Consommation par ingrédient (en t)

Maïs grain	2.93
Son de riz	1.04
Tourteau d'arachide	1.04
Poudre d'os	0.00

Fertilisants achetés

Engrais 10 - 10 - 13	0.1
Urée	0.4
-	0.0
-	0.0
-	0.0

COMPTE GÉNÉRAL D'EXPLOITATION

Ateliers d'élevage

PRODUIT (e	Quantité	Prix (en Ar/unité)	Produit	
Lait livré HL	6 079	1 000	6.079	
Lait livré BL	4 374	1 000	4.374	
Lait famille (	-	-	-	
				10.454
Animaux enc	1 090			2.180
				12.634

CONSOMMATIONS INTERMEDIAIRES

Achats d'aliments			
	Concentrés et tubercu	2.136	
	Fourrages	-	
	CMV	-	
			2.136
Soins vétérinaires			0.640
Main d'oeuvre temporaire			-
		TOTAL :	2.776

Marge brute élevage :	**9.858**
Retour sur investissement	3.6
Part des achats dans la quantité de concentré	91%
Part des fourrages extérieurs dans la quantité	93%

Valeur des aliments composés (en Ar./kg de MB)	
Provende TA20	440
Provende S/TA	500
-	-
Coût moyen si tous les ingrédients sont acheté	441
Coût moyen de la situation (net des productior	401

MARGE BRUTE D'EXPLOITATION (en M Ar	**16.952**
Consommation de carburants	-
Entretien des bâtiments	-
Rémunération MO permanente	1.320
Total charges de structure	1.320
Remboursement d'annuité	-
Charges financières	-
Recettes diverses d'exploitation	-
Dépenses diverses d'exploitation	0.600
MARGE NETTE D'EXPLOITATION	**15.032**

Ateliers cultures

PRODUIT (en ariary	Récolte	Vente décl. (en t)	Vente effective (en t)	Prix (en Ar./kg)	Produit
Riz paddy grain	18	-	16.6	680	11.305
Maïs grain	1	-	-	400	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
				TOTAL	11.305

CONSOMMATIONS INTERMEDIAIRES

	Surface	CI (Ar/ha)	CI hors fumures	Location	Coût total
Riz sur RI 1	1.25	0.390	0.488	0.576	1.064
Riz sur RI 2	1.75	0.378	0.662	0.807	1.468
Riz sur RMME	0.75	0.423	0.317	0.346	0.663
Tanety	0.50	0.705	0.352	-	0.352
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
				SOUS-TOTAL :	3.548

FERTILISANTS	total
produites sur l'exploitation en déficit	0.001
fertilisants non produits sur l'exploitation (engrais NPK, autres fumi	0.662
	0.663
LOCATION BOEUFS DE TRAIT	-

Marge brute cultures :	**7.094**
Retour sur investissement	1.685
% de la valeur des cultures venc	98%

RIZ (en tonnes de paddy)	
Production annuelle	18.275
Vendue	16.63
Paiement	0
Consommation familiale	1.65
Rémunération des salariés	0
Achat	0

ANNEXE K. Sorties de CLIFS scénario « Location » - producteur P (1/2)

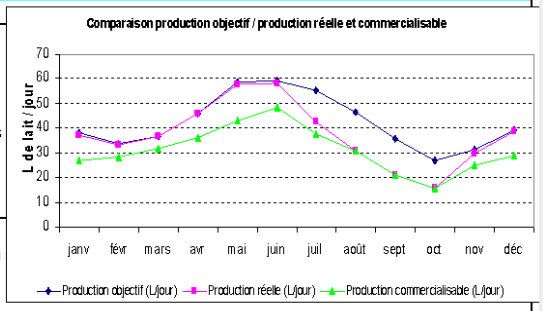
PRODUCTIONS ANIMALES

Production laitière mensuelle

mois	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
PL potentielle(	*1138*	*1014*	*1100*	*1384*	*1758*	*1778*	*1655*	*1389*	*1069*	*801*	*942*	*1172*
PL réalisée (L/	1113	1000	1100	1384	1736	1753	1274	925	634	473	897	1167
Réalisé / poter	*98*	*99*	*100*	*100*	*99*	*99*	*77*	*67*	*59*	*59*	*95*	*100*
PL livrée (L/mo	813	850	950	1084	1286	1453	1124	925	634	473	747	867

Production laitière annuelle

PL potentielle	15 200	litres	=	**42**	l par jour
PL réalisée	13 457	litres	=	**37**	l par jour
Réalisé / poter	**89**	%			
PL livrée	**11 207**	litres		**31**	**litres/jour/commercialisables**
PL autoncomm	-	litres			
PL bue par vea	2 250	litres		**2 241**	**litres livrés /vache/an**



Production de viande

IVV	12	mois	PV vendu / an	0
nbre de veau / an		veau(x)		
nbre zébus mis	1			

Production de (en t de MB en charettes)

FumierVL	***23.2***	*58*
Poudrette	***7.0***	*28*
-	-	-
-	-	-

Travail des boeufs de trait

Travaux	rface (en h	Date début	Date fin	Travail (j)	.ocation (j)
1er labour	5	1-déc.	23-déc.	16	0
2nd labour	0	0-janv.	0-janv.	0	0

PRODUCTIONS VÉGÉTALES

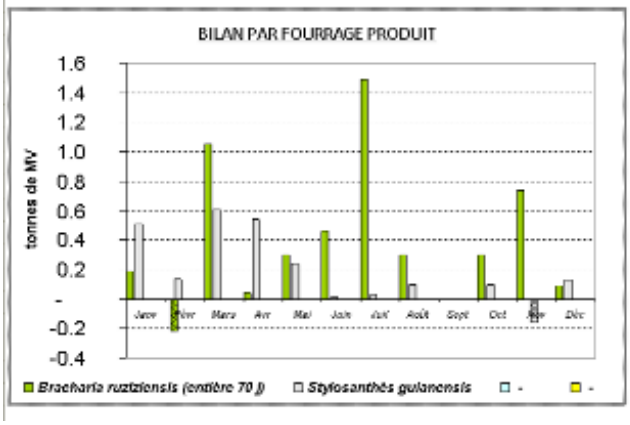
Cultures fourragères

	Rdt (t MB/ha)	*Surface (en ha)*	*Disponible*
Bracharia ruziziensis (entie	18	2.00	36.0
Stylosanthès guianensis	11	1.00	11.0
-	12	0.00	0.0
-	5	0.00	0.0

Cultures commerciales et vivrières

	Rdt moyen (t/ha)	*Surface (en ha)*	*Récolte (en t)*	*Pailles*	*Récolte (en t)*
Riz paddy grain	4.3	4.25	**18.3**	**de riz**	**8.0**
Maïs grain	1.4	0.50	**0.7**	**de maïs**	**-**
Arachide (graines)	0.8	0.50	**0.4**	**d'arachic**	**-**
Manioc	7.0	0.50	**3.5**		**-**
-	-	-	-		
-	-	-	-		

GESTION DES RESSOURCES



Bilan par tonne de MB des résidus de culture

Résidu de cultures	Offre	Demande	Bilan
Paille de riz	8.0	15.92	-7.94
Paille de maïs	-	-	0.00
Fanes d'arachide	-	-	0.00
-	-	-	0.00

Bilan en charettes des fumures produites

Fumure produite	Offre	Demande	Bilan
FumierVL	58	58	-0
Poudrette	28	28	-0
-	-	0	-0
-	-	0	-0
-	-	0	-0

Sorties de CLIFS scénario alternatif « Location » producteur P (2/2)

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
En kg de MB / j	251	262	208	259	270	253	238	230	235	240	252	247
Sacs	8	9	7	9	9	8	8	8	8	8	8	8

Culture de l'exploitation	Consommation du bétail (en t de MB de la culture)	*Dont provient de l'exploitation*
Riz paddy grai	-	-
Maïs grain	2.93	*0.70*
Arachide (grai	-	-
Manioc	1.33	*1.33*
-	-	-
-	-	-

Achats d'aliments pour le bétail non-produites sur l'exploitation

Manioc sec	0.65
-	0.00
-	0.00

Mélanges préparés sur l'exploitation (en t)

Provende TA2	4.88
Provende S/T/	0.12
-	-

Consommation par ingrédient (en t)

Maïs grain	2.93
Son de riz	1.04
Tourteau d'arachide	1.04
Poudre d'os	0.00
-	-

Fertilisants achetés (en t)

Engrais 10 - 10 - 13	0.4
Urée	1.0
-	0.0
-	0.0
-	0.0

COMPTE GÉNÉRAL D'EXPLOITATION

Ateliers d'élevage

PRODUIT (en M Ar.)		Prix (en Ar/unité)	Produit	
Lait livré HL (er	6 785	1 000	6.785	-
Lait livré BL (er	4 422	1 000	4.422	-
Lait famille (en	-	-	-	-
			-	11.207
Animaux engrai	1 090		-	2.180
			-	13.387

CONSOMMATIONS INTERMEDIAIRES

Achats d'aliments			
	Concentrés et tuberc	2.056	-
	Fourrages	0.034	-
	CMV	-	-
		-	2.090
Soins vétérinaires		-	0.640
Main d'oeuvre temporaire		-	-
		-	2.730

Marge brute élevage :	**10.657**
Retour sur investissement	3.9
Part des achats dans la quantité de concentré cc	79%
Part des fourrages extérieurs dans la quantité de	54%

Valeur des aliments composés (en Ar./kg de MB)	
Provende TA20	440
Provende S/TA	500
-	-
Coût moyen si tous les ingrédients sont achetés	441
Coût moyen de la situation (net des productions	385

MARGE BRUTE D'EXPLOITATION (en Ar.) :	**16.22**
	-
Consommation de carburants	-
Entretien des bâtiments	-
Rémunération MO permanente	1.32
Total charges de structure	1.32
Remboursement d'annuité	-
Charges financières	-
Recettes diverses d'exploitation	-
Dépenses diverses d'exploitation	0.60
	-
MARGE NETTE D'EXPLOITATION (en Ar.) :	**14.30**

Ateliers cultures

PRODUIT (en M Ar.)	Récolte	Vente décl. (en t)	Vente effective (en t)	Prix (en Ar./kg)	Produit
Riz paddy grain	18	-	16.6	680	1.131
Maïs grain	1	-	-	400	-
Arachide (graines)	0	-	0.4	1 200	0.480
Manioc	4	-	2.2	200	0.435
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
				TOTAL :	12.220

CONSOMMATIONS INTERMEDIAIRES

	Surface	CI (Ar/ha)	CI hors fumures	Location	Coût total
Riz sur RI 1	1.25	0.390	0.488	0.576	1.064
Riz sur RI 2	1.75	0.378	0.662	0.807	1.468
Riz sur RMME	0.75	0.423	0.317	0.346	0.663
Maïs + Stylo	0.50	0.443	0.221	0.250	0.471
Brachiaria + arachide	0.50	0.417	0.208	0.250	0.458
Brachiaria et Stylo	2.50	-	-	0.625	0.625
					4.750

FERTILISANTS	**Coût total**
produites sur l'exploitation en déficit	0.001
fertilisants non produits sur l'exploitation (engrais NPK, autres fumi	1.905
	1.906
LOCATION BOEUFS DE TRAIT	-

Marge brute cultures :	**5.564**
Retour sur investissement	0.8
% de la valeur des cultures venc	98%

RIZ (en tonnes de paddy)	
Production annuelle	18.275
Vendue	16.63
Paiement	0
Consommation familiale	1.65
Rémunération des salariés	0
Achat	0

ANNEXE L. Sorties de CLIFS scénario alternatif « Sans location » producteur P (1/2)

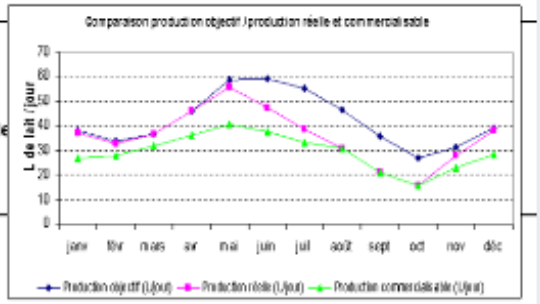
PRODUCTIONS ANIMALES

Production laitière mensuelle

mois	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
PL potentielle(L/	*1138*	*1014*	*1100*	*1384*	*1758*	*1778*	*1655*	*1389*	*1069*	*801*	*942*	*11*
PL réalisée (L/mc	1110	986	1100	1384	1673	1428	1154	925	634	473	839	11
Réalisé / potentie	*98*	*97*	*100*	*100*	*95*	*80*	*70*	*67*	*59*	*59*	*89*	
PL livrée (L/mois)	810	836	950	1084	1223	1128	1004	925	634	473	689	8

Production laitière annuelle

PL potentielle	15 200	litres	=	42	l par jour
PL réalisée	12 853	litres	=	36	l par jour
Réalisé / potentie	85	%			
PL livrée	10 603	litres		29	litres/jour/commercialisable
PL autoncommée	-	litres			
PL bue par veaux	2 250	litres		2 121	litres livrés /vache/an



Production de viande

IVV	12	mois	PV vendu / an
nbre de veau / an		veau(x)	
nbre zébus mis à	1		

Production de f(en t de MB)n charettes)

FumierVL	*23.2*	*58*
Poudrette	*7.0*	*28*
-	-	-
-	-	-
-	-	-

Travail des boeufs de trait

Travaux	arface (en h	Date début	Date fin	Travail (j)	.ocation (j)
1er labour	5	1-déc.	23-déc.	16	0
2nd labour	0	0-janv.	0-janv.	0	0
1er hersag	5	1-janv.	17-janv.	12	0
2nd hersag	0	0-janv.	0-janv.	0	0

PRODUCTIONS VÉGÉTALES

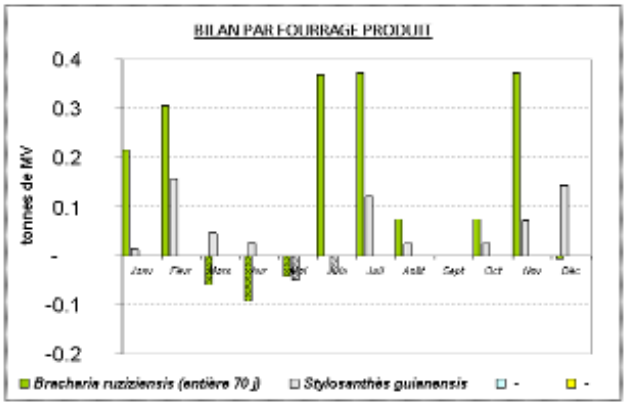
Cultures fourragères

	Rendement (t MB/ha)	*Surface (en ha)*	*Disponible*
Bracharia ruziziensis (entière	18	0.50	9.0
Stylosanthès guianensis	11	0.25	2.8
-	12	0.00	0.0
-	5	0.00	0.0

Cultures commerciales et vivrières

	Rendement moyen (t/ha)	*Surface (en ha)*	*Récolte (en t)*	*Pailles*	*Récolt (en t)*
Riz paddy grain	4.3	4.25	18.3	de riz	8.0
-	-	-	-		-
Arachide (graines)	0.8	0.25	0.2	d'arachic	-
Manioc	7.0	0.25	1.8		-
-	-	-	-		
-	-	-	-		

GESTION DES RESSOURCES



Bilan par tonne de MB des résidus de culture

Résidu de cultures	Offre	Demande	Bilan
Paille de riz	8.0	16.40	-8.42
-	-	-	0.00
Fanes d'arachide	-	-	0.00
-	-	-	0.00

Bilan en charettes des fumures produites

Fumure produite	Offre	Demande	Bilan
FumierVL	58	58	-0
Poudrette	28	28	-0
-	-	0	-0
-	-	0	-0
-	-	0	-0

Sorties de CLIFS scénario alternatif « Sans location » producteur P (2/2)

CONSOMMATION DE FOURRAGE

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
En kg de MB / jou	336	284	241	291	317	288	243	230	235	240	262	252
Secs	11	9	8	10	11	10	8	8	8	8	9	8

Culture de l'exploitation	Consommation du bétail (en t de MB	Dont provient de l'exploitation
Riz paddy grain	-	-
-	-	-
Arachide (graine	-	-
Manioc	1.33	1.33
-	-	-
-	-	-

Achats d'aliments pour le bétail non-produites sur l'exploitation

Manioc sec	0.65
-	0.00
-	0.00

Mélanges préparés sur l'exploitation (en t)

Provende TA20	4.88
Provende S/TA	0.12
-	-

Consommation par ingrédient (en t)

Maïs grain	2.93
Son de riz	1.04
Tourteau	1.04
Poudre d'	0.00
-	-

Fertilisants achetés

Engrais 10 - 10 - 13	0.2
Urée	0.5
-	0.0
-	0.0
-	0.0

COMPTE GENERAL D'EXPLOITATION

Ateliers d'élevage

PRODUIT (en ar	Quantité	Prix (en Ar/unité)	Produit	
Lait livré HL (en L	6 270	1 000	6	0
Lait livré BL (en L	4 334	1 000	4	0
Lait famille (en L)	-	-	-	0
			-	11
Animaux engraiss	1 090		0	2
			-	13

CONSOMMATIONS INTERMEDIAIRES

Achats d'aliments			
	Concentrés et tubercu	2.336	-
	Fourrages	0.008	-
	CMV	-	-
		-	2.344
Soins vétérinaires		-	0.640
Main d'oeuvre temporaire		-	-
		-	2.984

Ateliers cultures

PRODUIT (en ariary	Récolte	Vente décl. (en t)	Vente effective (en t)	Prix (en Ar./kg)	Produit
Riz paddy grain	18	-	16.6	680	11.305
-	-	-	-	-	-
Arachide (graines)	0	-	0.2	1 200	0.240
Manioc	2	-	0.4	200	0.085
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
				TOTAL :	11.630

CONSOMMATIONS INTERMEDIAIRES

	Surface	CI (Ar/ha)	CI hors fumures	Location	Coût total
Riz sur RI 1	1.25	0.390	0.488	0.576	1.064
Riz sur RI 2	1.75	0.378	0.662	0.807	1.468
Riz sur RMME	0.75	0.423	0.317	0.346	0.663
Manioc + Stylo	0.25	1.087	0.272	-	0.272
Brachiaria + arachide	0.25	0.587	0.147	-	0.147
Brachiaria et Stylo	0.50	-	-	-	-
			TOTAL :		3.614

FERTILISANTS	Coût total
produites sur l'exploitation en déficit	0.001
fertilisants non produits sur l'exploitation (engrais NPK, autres fum	0.922
	0.923

LOCATION BOEUFS DE TRAIT	-

Marge brute élevage :	9.799
Retour sur investissement	3.3
Part des achats dans la quantité de concentré cons	90%
Part des fourrages extérieurs dans la quantité de fc	85%

Marge brute cultures :	7.093
Retour sur investissement	0.000
% de la valeur des cultures vend	0.000

Valeur des aliments composés (en Ar./kg de MB)	
Provende TA20	440
Provende S/TA	500
-	-
Coût moyen si tous les ingrédients sont achetés	441
Coût moyen de la situation (net des productions d	441

MARGE BRUTE D'EXPLOITATION (en Ar.) :	**16.89**
Consommation de carburants	-
Entretien des bâtiments	-
Rémunération MO permanente	1.32
Total charges de structure	1.32
Remboursement d'annuité	-
Charges financières	-
Recettes diverses d'exploitation	-
Dépenses diverses d'exploitation	0.60
MARGE NETTE D'EXPLOITATION (en Ar.) :	**14.97**

RIZ (en tonnes de paddy)	
Production annuelle (en tonnes)	18.275
Vendue	16.63
Paiement	0
Consommation familiale	1.65
Rémunération des salariés	0
Achat	0